



TUGAS AKHIR - SS141501

**MANAJEMEN RISIKO PADA PENENTUAN STRATEGI
PEMELIHARAAN BERDASARKAN FAKTOR-FAKTOR
PENYEBAB KEBOCORAN *PIPELINE* SEBAGAI UPAYA
MITIGASI RISIKO DI PT. X**

**WHILDA KAMILA SARI
NRP 1311 100 092**

**Dosen Pembimbing
Drs. Haryono, M.Sc.**

**Program Studi S1 Statistika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - SS141501

RISK MANAGEMENT TO DETERMINE MAINTENANCE STRATEGIES BASED ON FACTORS CAUSING PIPELINE LEAKAGE FOR MITIGATION IN PT. X

WHILDA KAMILA SARI
NRP 1311 100 092

Supervisor
Drs. Haryono, M.Sc.

Undergraduate Programme of Statistics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

MANAJEMEN RISIKO PADA PENENTUAN STRATEGI PEMELIHARAAN BERDASARKAN FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KEBOCORAN *PIPELINE* SEBAGAI UPAYA MITIGASI RISIKO DI PT. X

Nama Mahasiswa : Whilda Kamila Sari
NRP : 1311 100 092
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Drs. Haryono, M.Sc.

ABSTRAK

Kebocoran pipeline menjadi masalah besar dalam proses pendistribusian minyak karena fenomena ini memberikan dampak yang besar. Kent Muhlbauer (2004) menyebutkan ada empat faktor utama yang menyebabkan kebocoran pipa, yaitu third party damage index, design index, corrosion index, dan incorrect operation index. Third party damage index dipengaruhi oleh minimum depth of cover, above ground facilities, line locating, public education programs, dan row condition. Atmospheric indicators, internal corrosion, dan fluid characteristic digunakan untuk menggambarkan corrosion index. Design index dijelaskan oleh faktor safety indicators, fatigue, dan surge potential. Incorrect operation index dipengaruhi oleh operation dan maintenance. Manajemen risiko terdiri dari identifikasi, evaluasi, dan pengelolaan. Confirmatory Factor Analysis (CFA) digunakan dalam identifikasi risiko untuk menemukan variabel yang signifikan dari faktor kebocoran pipa. Semua variabel signifikan untuk kasus ini dan ditemukan hubungan antarvariabel. Dengan menggunakan Analytical Network Process (ANP), bobot faktor digunakan untuk mengevaluasi risiko dengan matriks risiko. Berdasarkan hasil pengukuran dan evaluasi risiko ditemukan bahwa tingkat risiko pipa dalam keadaan sedang, dimana faktor internal corrosion memiliki bobot tertinggi. Dengan metode Risk Based Inspection (RBI) dirumuskan strategi pemeliharaan berupa intelligent pigging, pigging, injection chemical inhibitor, dan injection chemical biocide sehingga diperlukan biaya sebesar \$157,670 per tahun untuk melakukan upaya preventif tersebut.

Kata kunci : ANP, CFA, kebocoran pipeline, manajemen risiko, RBI

(halaman ini sengaja dikosongkan)

RISK MANAGEMENT TO DETERMINE MAINTENANCE STRATEGIES BASED ON FACTORS CAUSING PIPELINE LEAKAGE FOR MITIGATION IN PT. X

Name of Student : Whilda Kamila Sari
ID : 1311 100 092
Department : Statistika FMIPA-ITS
Supervisor : Drs. Haryono, M.Sc.

ABSTRACT

Pipeline leakage becomes a major problem in the process of distribution the oil because this phenomenon gives a great impacts. Kent Muhlbauer (2004) said there are four main factors causing the pipeline leak, such as the third party damage index, the design index, the corrosion index, and the incorrect operation index. Third party damage index is influenced by minimum depth of cover, above ground facilities, line locating, public education programs, and row condition. Atmospheric indicators, internal corossion, and fluid characteristic used to describe the corrosion index. The design index is explained by the factors of safety indicators, fatigue, and surge potential. The incorrect operation indicator is influenced by operation and maintenance. Risk management consists of identification, evaluation, and maintenance. Confirmatory Factor Analysis (CFA) is used for risk identification to find the significant variabels of pipeline leak factors. All of variable is significant for this case and found inner and outer dependences of the variables. By using Analytical Network Process (ANP), the weighting of factors used to evaluate risk by a risk matrix. The results of measurement and evaluation of risk was found that the level of risk of the pipeline in the medium side, where internal corrosion has the maximum weight. The Risk Based Inspection (RBI) method was detemined intelligent pigging, pigging, injection chemical inhibitor, and injection chemical biocide as the strategy of maintenance. Costs of preventive are carried out \$157.670 per years.

Keywords : ANP, CFA, pipeline leak, RBI, risk management

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas titipan amanah dan kesempatan dalam bentuk iman, Islam, dan ikhsan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Manajemen Risiko pada Penentuan Strategi Pemeliharaan Berdasarkan Faktor-Faktor Penyebab Kebocoran *Pipeline* sebagai Upaya Mitigasi Risiko di PT. X”** dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi sarjana di Jurusan Statistika, FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak akan berjalan dengan lancar tanpa bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T. selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS sekaligus dosen penguji yang telah memberikan kritik dan masukan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Haryono, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang paling berjasa dalam memberikan solusi atas masalah yang dihadapi penulis selama menyusun Tugas Akhir.
3. Ibu Diaz Fitra Aksioma, S.si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan kepada penulis.
4. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan, baik secara moril maupun materiil kepada penulis. Untuk adik saya tercinta, Mohammad Nauval El-Hakim, terima kasih banyak atas motivasinya.
5. Bapak Mobin, S.Si. selaku karyawan di PT. X yang bersedia membantu penulis dalam proses pengumpulan data dan rekomendasi strategi pemeliharaan berdasarkan hasil analisis.
6. Bapak Dr. Rer. Pol. Heri Kuswanto, M.Si. dan Bapak M. Sjahid Akbar, M.Si. sebagai dosen yang selalu memberikan saran dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Begitu

pula dengan dosen wali dan ekivalensi, Dr. Purhadi, M.Sc. dan Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si. serta seluruh dosen di Jurusan Statistika ITS.

7. Teman-teman seangkatan perkuliahan tahun 2011, SMA, SMP, dan SD yang telah memberikan dorongan, bantuan, dan bersedia menjadi teman diskusi, terutama untuk para sahabat dekat yang juga memberikan doa yang tulus.
8. Yayasan Karya Salemba Empat (KSE) yang telah memberikan bantuan materiil dan pengalaman yang dapat menjadi bekal bagi penulis untuk bisa berkontribusi di dunia pasca kampus.
9. Teman-teman BEM ITS dan Paguyuban KSE ITS yang telah memberikan dukungan dan kesempatan bagi penulis untuk terus berkarya.
10. Para alumni yang memberikan motivasi melalui berbagai kisah hidup yang inspiratif sehingga mendorong penulis untuk terus maju dan meraih mimpi guna menjadi manusia yang bermanfaat.
11. Seluruh pihak yang telah bersedia membantu penulis dalam menyusun Tugas Akhir.

Atas bantuan, dukungan, dan dorongan dari seluruh pihak tersebut, penulis merasa tidak mampu memberikan balasan yang setara. Doa yang tulus selalu penulis panjatkan agar seluruh pihak tersebut diberi kemudahan dalam berbagai urusan yang dihadapi.

Demi kesempurnaan penulisan laporan Tugas Akhir ini, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga laporan ini dapat menjadi referensi untuk kemajuan dunia pendidikan dan dapat memberikan informasi yang bermanfaat di bidang industri dan bidang ilmu terkait.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | ii |
| <i>TITLE PAGE</i> | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| <i>ABSTRACT</i> | vii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Batasan Masalah | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Asumsi Normal Multivariat | 7 |
| 2.2 CFA (<i>Confirmatory Factor Analysis</i>) | 8 |
| 2.2.1 <i>First-Order CFA</i> | 10 |
| 2.2.2 <i>Second-Order CFA</i> | 13 |
| 2.3 Identifikasi Model | 14 |
| 2.4 Estimasi Parameter | 15 |
| 2.5 Kriteria <i>Goodness of Fit</i> | 16 |
| 2.5.1 <i>Absolute Fit Measure</i> | 15 |
| 2.5.2 <i>Increment Fit Measure</i> | 18 |
| 2.6 <i>Construct Reliability</i> | 20 |

| | |
|--|----|
| 2.7 <i>Analytical Network Process</i> | 20 |
| 2.8 <i>Risk Based Inspection</i> (RBI) | 25 |
| 2.9 Manajemen Risiko <i>Pipeline</i> Kent Muhlbauer | 26 |
| 2.10 Strategi Pemeliharaan <i>Pipeline</i> | 27 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 29 |
| 3.1 Sumber Data | 29 |
| 3.2 Variabel Penelitian | 29 |
| 3.3 Metode Analisis | 30 |
| 3.4 Diagram Alir Penelitian | 33 |
| BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 35 |
| 4.1 Identifikasi Risiko | 35 |
| 4.1.1 Statistika Deskriptif | 35 |
| 4.1.2 Pengujian Normal Multivariat | 38 |
| 4.1.3 <i>First Order CFA</i> | 39 |
| 4.1.3.1 Unidimensionalitas Variabel TPDI | 40 |
| 4.1.3.2 Unidimensionalitas Variabel DI | 42 |
| 4.1.3.3 Unidimensionalitas Variabel CI | 45 |
| 4.1.3.4 Unidimensionalitas Variabel IOI | 47 |
| 4.1.4 <i>Second Order CFA</i> | 49 |
| 4.2 Pengukuran dan Evaluasi Risiko dengan ANP | 53 |
| 4.2.1 Evaluasi Tingkat Risiko dengan Matriks Risiko | 58 |
| 4.3 Pengelolaan Risiko dengan <i>Risk Based Inspection</i> | 60 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 63 |
| 5.1 Kesimpulan | 63 |
| 5.2 Saran | 64 |
| DAFTAR PUSTAKA | 65 |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Skala Saaty 1-9 | 23 |
| Tabel 2. 2 Nilai <i>Random Indeks</i> (RI) | 24 |
| Tabel 3. 1 <i>Expert Judgements</i> | 29 |
| Tabel 3. 2 Variabel Penelitian | 29 |
| Tabel 4. 1 Spesifikasi <i>Pipeline</i> | 35 |
| Tabel 4. 2 Kondisi <i>Pipeline</i> | 37 |
| Tabel 4. 3 Uji Normal Multivariat dengan Koef Korelasi..... | 39 |
| Tabel 4. 4 <i>Goodness of Fit</i> Variabel Laten TPDI..... | 41 |
| Tabel 4. 5 Nilai <i>Loading Standardized Var.</i> Laten TPDI..... | 42 |
| Tabel 4. 6 <i>Goodness of Fit</i> Variabel Laten DI | 43 |
| Tabel 4. 7 Nilai <i>Loading Standardized Var.</i> Laten DI | 44 |
| Tabel 4. 8 <i>Goodness of Fit</i> Variabel Laten CI..... | 45 |
| Tabel 4. 9 Nilai <i>Loading Standardized Var.</i> Laten CI | 46 |
| Tabel 4.10 <i>Goodness of Fit Second Order CFA</i> | 49 |
| Tabel 4.11 <i>Goodness of Fit Second Order CFA</i> Dimodifikasi .. | 51 |
| Tabel 4.12 Estimasi Parameter <i>Second Order CFA</i> Dimodifikasi..... | 52 |
| Tabel 4. 13 Matriks Perbandingan Berpasangan pada Kriteria .. | 54 |
| Tabel 4. 14 Matriks Perbandingan Berpasangan pada TPDI | 54 |
| Tabel 4. 15 Bobot ANP pada Kriteria | 55 |
| Tabel 4. 16 Bobot ANP pada Faktor TPDI | 56 |
| Tabel 4. 17 Bobot ANP pada Faktor CI | 56 |
| Tabel 4. 18 Bobot ANP pada Faktor DI | 57 |
| Tabel 4. 19 Bobot ANP pada Faktor IOI | 57 |
| Tabel 4. 20 Perhitungan <i>PoF</i> | 58 |
| Tabel 4. 21 Perhitungan <i>CoF</i> | 59 |
| Tabel 4. 22 Analisis Biaya Upaya Perbaikan | 60 |
| Tabel 4. 23 Analisis Biaya Strategi Pemeliharaan | 61 |

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 <i>First Order CFA</i> | 11 |
| Gambar 2. 2 <i>Second Order CFA</i> | 13 |
| Gambar 2. 3 Matriks Risiko | 26 |
| Gambar 2. 4 Skema Analisis Risiko Model Kent..... | 27 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian..... | 33 |
| Gambar 4. 1 Diagram Persebaran Data Kondisi <i>Pipeline</i> | 36 |
| Gambar 4. 2 Kurva <i>QQ-Plot</i> | 38 |
| Gambar 4. 3 <i>Path Diagram</i> Variabel Laten TPDI | 40 |
| Gambar 4. 4 <i>Path Diagram</i> Variabel Laten DI | 42 |
| Gambar 4. 5 <i>Path Diagram</i> Variabel Laten CI | 45 |
| Gambar 4. 6 <i>Path Diagram</i> Variabel Laten IOI..... | 47 |
| Gambar 4. 7 <i>Path Diagram Second Order CFA</i> | 48 |
| Gambar 4. 8 <i>Path Diagram Second Order CFA</i> Dimodifikasi .. | 50 |
| Gambar 4. 9 Struktur Hierarki ANP..... | 53 |
| Gambar 4. 10 Matriks Risiko | 60 |

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada industri pertambangan minyak mentah, *pipeline* memiliki peranan yang penting sebagai media transportasi untuk memindahkan minyak dari anjungan sumur produksi sampai ke konsumen. *Pipeline* bisa ditempatkan pada area lepas pantai (*offshore*) maupun area darat (*onshore*), sedangkan *pipeline* penyalur (*pipeline*) yang berada pada area peralihan antara laut dan darat disebut dengan *riser*. Kebocoran *pipeline* penyalur menjadi permasalahan utama dalam proses penyaluran minyak karena fenomena tersebut memberikan dampak yang besar, seperti kerugian material, terhentinya operasi, terjadi pencemaran lingkungan, berhentinya proses distribusi ke konsumen, citra perusahaan yang rusak, dan masa pemulihan yang lama. PT. X merupakan salah satu perusahaan energi terbesar di Indonesia yang bergerak dalam aspek industri minyak dan gas, termasuk eksplorasi dan produksi. PT. X beroperasi di 13 lapangan di Kalimantan Timur dan 1 lapangan di Teluk Makasar, dengan luas daerah operasi mencapai 6,6 juta are atau 27.000 km². Sebagai perusahaan dengan produksi minyak yang besar, yaitu 3.102.500 barrel tiap tahun, perusahaan perlu melakukan upaya manajemen risiko untuk mengurangi terjadinya dampak/risiko akibat kebocoran *pipeline*.

Dewasa ini telah dikembangkan beberapa konsep manajemen pemeliharaan *pipeline* yang telah dilakukan. Diantaranya adalah pemeliharaan rutin (*corrective maintenance*), upaya pencegahan (*preventive maintenance*) berdasarkan waktu (*time based maintenance*) dan sistem pengontrol kerja (*system for planning and controlling work*), pemeliharaan berdasarkan kondisi (*Condition Based Maintenance – CBM*), pemeliharaan

fokus pada kehandalan (*Reliability Center Maintenance-RCM*) dan manajemen pemeliharaan dengan bantuan komputer. Dari beberapa metode yang telah diterapkan, metode *Risk Based Inspection* (RBI) merupakan metode yang paling baik dan populer karena dapat dilakukan secara komprehensif dimulai dari estimasi risiko hingga perencanaan pemeliharaan (Khan dan Haddara, 2005).

Risiko adalah jumlah ketidakhandalan (*unreliability function*) dan kerugian yang timbul akibat adanya kebocoran *pipeline*. Kent Muhlbauer (2004) menyebutkan ada 4 faktor utama penyebab kebocoran *pipeline*. Diantaranya adalah faktor adanya pihak ketiga (*third party damage index*), faktor desain *pipeline* (*design index*), faktor korosi (*corrosion index*), dan kegagalan operasi (*incorrect operation index*). Keempat faktor tersebut kemudian digunakan sebagai variable laten dalam penelitian ini dan dijelaskan oleh beberapa indikator dari setiap variabel. Penentuan variabel dalam penelitian ini juga mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Darmapala dan Moses L. Singgih (2002). Penelitian tersebut menggunakan model yang dirumuskan oleh Kent Muhlbauer dengan variabel indikator dari tiap variabel laten berupa *minimum depth of cover*, *activity level*, *above ground facilities*, *line locating*, *public education program*, *row condition*, dan *patrol frequency* sebagai indikator dari variabel *third party damage index*. indikator *atmospheric*, *internal corrosion*, dan *fluid characteristic* digunakan untuk menjelaskan variabel *corrosion index*. *design index* dijelaskan oleh indikator *safety factor*, *fatigue*, *surge potential*, *integrity verification*, dan *land movement*, sedangkan *incorrect operation index* dijelaskan oleh indikator *operation* dan *maintenance*.

Dalam proses penentuan nilai (*score*) dari risiko kebocoran *pipeline* diperlukan bobot dari tiap-tiap faktor. Di PT. X, pembobotan faktor penyebab kebocoran *pipeline* selama ini

masih menggunakan bobot yang diatur oleh manager pemeliharaan *pipeline*. Hal ini mengindikasikan hasil tingkat risiko pemeliharaan yang relatif bersifat subjektif. Shifiq dan Silvianita (2010) menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan bobot faktor penyebab kebocoran *pipeline* pada objek penelitiannya. Selain itu, Dawotula, dkk. (2010) juga menggunakan AHP untuk menghasilkan faktor dari luar sebagai faktor terbesar penyebab kegagalan *pipeline* di Nigeria. Dari kedua penelitian yang pernah dilakukan tersebut dapat disimpulkan bahwa metode AHP dapat digunakan untuk menentukan bobot faktor penyebab kebocoran *pipeline*. Namun kedua penelitian tersebut masih memiliki kelemahan, yaitu hasil yang kurang akurat. Kelemahan ini diduga berasal dari adanya asumsi independensi antarvariabel pada metode AHP. Pada tahun 2002, Thomas L. Saaty menemukan teori baru untuk menentukan bobot faktor dengan memperhitungkan interaksi antarkriteria dan alternative. Metode tersebut disebut *Analytical Network Process* (ANP). ANP merupakan teori pengembangan dari AHP. Kekuatan ANP terletak pada penggunaan skala rasio untuk menangkap semua jenis interaksi dan membuat prediksi yang akurat untuk merumuskan keputusan yang lebih baik (Saaty, 2002).

Penelitian ini menggunakan metode *Risk Based Inspection* (RBI) dengan mengacu pada faktor penyebab kebocoran *pipeline* yang dirumuskan oleh Kent Muhlbauer (2004). Indikator-indikator yang digunakan dalam menjelaskan variabel dimodifikasi dengan hasil penelitian dari Darmapala dan Moses L. Singgih (2002). Pada awal penelitian dilakukan *Confirmatory Factor Analysis* untuk mengetahui apakah faktor dan indikator yang digunakan reliabel untuk diterapkan di PT. X. Setelah didapatkan indikator yang valid, dilakukan perhitungan bobot faktor dengan menggunakan ANP. Bobot faktor digunakan

untuk menghitung nilai risiko. Nilai risiko divisualisasikan dalam bentuk matriks risiko untuk memudahkan peneliti dalam mengukur tingkat risiko *pipeline*. Dengan demikian, peneliti dapat membantu pihak perusahaan untuk merancang strategi pemeliharaan berdasarkan tingkat risiko guna mencegah terjadinya kebocoran *pipeline*.

1.2 Rumusan Masalah

Kebocoran *pipeline* dapat memberikan dampak negative terhadap citra perusahaan dan lingkungan. Manajemen risiko perlu dilakukan untuk mengukur tingkat risiko *pipeline* di suatu perusahaan guna menentukan strategi pemeliharaan yang tepat dalam upaya mitigasi. Manajemen risiko memiliki 3 tahap, yaitu identifikasi risiko, evaluasi dan pengukuran risiko, serta pengelolaan risiko sehingga permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana identifikasi risiko yang terdapat pada *pipeline* di PT. X?
2. Bagaimana hasil evaluasi dan pengukuran risiko yang terdapat pada *pipeline* di PT. X?
3. Bagaimana cara mengelola risiko yang terdapat pada *pipeline* di PT. X?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan faktor-faktor penyebab kebocoran *pipeline* berdasarkan teori Kent Muhlbauer dan melakukan konfirmasi model dengan *Confirmatory Factor Analysis*.
2. Mendapatkan hasil pembobot faktor penyebab kebocoran *pipeline* di PT. X dengan mengimplementasikan metode

Analytical Network Process (ANP) dan menghitung nilai tiap faktor untuk membentuk matriks risiko.

3. Merancang strategi pemeliharaan *pipeline* dan biaya perbaikan dengan menggunakan *Risk Based Inspection* (RBI).

1.4 Manfaat Penelitian

Karya tulis ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa :

1. Dapat memberikan informasi mengenai penggunaan *Risk Based Inspection* yang dikombinasikan dengan *Analytical Network Process* (ANP) dalam menentukan pembobot dari faktor penyebab kebocoran *pipeline*.
2. Memberikan rekomendasi strategi pemeliharaan berdasarkan tingkat risiko untuk perusahaan sebagai upaya mitigasi risiko dalam upaya pencegahan terjadinya kebocoran *pipeline*.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian analisis tingkat risiko di PT. X, masalah dibatasi pada *pipeline onshore* (darat) berukuran 18 inchi yang terletak pada jalur Attaka menuju ke Tanjung Santan. *Pipeline* ini merupakan *pipeline* tertua yang dimiliki oleh PT. X dan menjadi media distribusi utama yang menyalurkan minyak mentah dari sumur pengeboran di Attaka menuju ke tangki penyimpanan di Tanjung Santan. Dalam analisis CFA, data diasumsikan berdistribusi normal.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asumsi Normal Multivariat

Variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan parameter μ dan Σ , jika mempunyai *probability density function* sebagai berikut (Johnson & Wichern, 2007).

$$f(X_1, X_2, \dots, X_p) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{p/2}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{X}-\mu)' \Sigma^{-1} (\mathbf{X}-\mu)} \quad (2.1)$$

dimana

$$-\infty < x_i < \infty, i = 1, 2, \dots, p \quad (2.2)$$

dan

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Uji asumsi distribusi normal multivariat merupakan salah satu syarat untuk melakukan analisis multivariat. Ada beberapa cara yang digunakan untuk menguji apakah suatu data berdistribusi normal multivariat. Salah satu cara yang digunakan adalah dengan menghitung koefisien korelasi. Pengujian ini dapat dilakukan dengan langkah menghitung nilai koefisien korelasi kemudian membandingkan nilai koefisien korelasi tersebut dengan tabel *Critical Point for the Q-Q Plot Correlation Coefficient Test for Normality*. (Johnson & Wichern, 2007).

Hipotesis yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut.

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik uji yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$r_Q = \frac{\sum_{j=1}^n (x_{(j)} - \bar{x})(q_{(j)} - \bar{q})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{(j)} - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{j=1}^n (q_{(j)} - \bar{q})^2}} \quad (2.4)$$

dengan

$$x_{(j)} = d_j^2$$

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $r_Q < r_{n,\alpha}$ dimana r_Q adalah koefisien korelasi antara d_j^2 (*square distance*) dan $q_{1-\alpha,p} \left(\frac{j-\frac{1}{2}}{n} \right)$ (*quantil Chi-Square*) sedangkan $r_{n,\alpha}$ merupakan nilai kritis untuk uji koefisien korelasi normalitas *Q-Q plot* dengan level signifikan tertentu.

Pengujian normal multivariat pada indikator-indikator penyusun variabel laten turut menentukan metode estimasi parameter yang digunakan dalam analisis CFA. Data tidak berdistribusi normal multivariat salah satunya disebabkan oleh keragaman dari sampel. Keragaman ini terjadi apabila ukuran sampel yang terlalu sedikit atau apabila terdapat *outliers* (Johnson & Wichern, 2007).

2.2 CFA (*Confirmatory Factor Analysis*)

Confirmatory Factor Analysis didasarkan atas alasan bahwa variabel teramati (variabel manifes/indikator) adalah indikator-indikator tidak sempurna dari variabel laten atau konstruk yang mendasarinya. CFA merupakan salah satu dari dua pendekatan utama dalam analisis faktor. Pendekatan kedua adalah *Exploratory Factor Analysis* (EFA). Perbedaan utama antara CFA dan EFA adalah pada EFA model yang menunjukkan hubungan antara variabel laten dengan variabel teramati tidak dibentuk terlebih dahulu, jumlah variabel laten tidak ditentukan sebelum analisis, dan semua variabel laten diasumsikan mempengaruhi semua variabel teramati. Sedangkan pada CFA model dibentuk

terlebih dahulu, jumlah variabel laten ditentukan terlebih dahulu, dan identifikasi parameter dibutuhkan (Wijanto, 2008).

Confirmatory Factor Analysis adalah salah satu metode analisis multivariat yang dapat digunakan untuk menguji atau mengkonfirmasi model yang dihipotesiskan. Model yang dihipotesiskan terdiri dari satu atau lebih variabel laten, yang diukur oleh satu atau lebih variabel indikator. Variabel laten adalah variabel yang tidak terukur atau tidak dapat diukur secara langsung dan memerlukan variabel indikator untuk mengukurnya, sedangkan variabel indikator adalah variabel yang dapat diukur secara langsung (Ghozali, 2008).

CFA merupakan salah satu teknik validitas konstruk. Artinya, diteorikan bahwa indikator-indikator yang ada memang mengukur faktor atau variabel laten yang hendak diukur. Dengan demikian, CFA menguji hubungan antara konstruk dengan indikator-indikatornya. Konstruk disebut juga variabel laten, sebab faktor atau atribut tersebut tidak dapat diukur secara langsung, sedangkan indikator biasanya disebut dengan variabel teramati, yaitu indikator yang digunakan untuk mengukur variabel laten. Hasil CFA dapat memberikan bukti kuat terhadap validitas konvergen dan diskriminan konstruk teori. Validitas konvergen ditunjukkan dengan bukti bahwa indikator-indikator yang berbeda dari konstruk (yang diteorikan) yang sama sangat saling berkaitan. Validitas diskriminan ditunjukkan dengan bukti bahwa indikator dari konstruk (yang diteorikan) yang berbeda tidak berkorelasi (Brown, 2006).

Dalam CFA, apabila indikator hanya mengukur satu faktor atau variabel laten saja, maka indikator tersebut dikatakan memiliki asumsi unidimensionalitas. Namun sebaliknya, apabila indikator tersebut mengukur faktor selain yang diteorikan, maka indikator tersebut dikatakan multidimensional. Unidimensionalitas tersebut diketahui melalui hubungan residual

antar indikator, apakah saling berkorelasi atau tidak. Jika residual (kesalahan) antar indikator saling berkorelasi, maka indikator dinyatakan tidak unidimensional. Oleh sebab itu, dalam menguji CFA, kesalahan pengukuran indikator idealnya tidak berkorelasi dengan kesalahan pengukuran indikator lainnya (Thompson, 2004). CFA dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *First-Order* CFA dan *Second-Order* CFA.

2.2.1 *First-Order* CFA

Pada *First-Order Confirmatory Factor Analysis* suatu variabel laten diukur berdasarkan beberapa indikator yang dapat diukur secara langsung. Persamaan 2.7 menunjukkan model umum *First-Order* CFA (Bollen, 1989).

$$\mathbf{X} = \mathbf{\Lambda}_x \boldsymbol{\xi} + \boldsymbol{\delta} \quad (2.5)$$

dengan,

\mathbf{X} merupakan vektor bagi variabel indikator, berukuran $q \times 1$

$\mathbf{\Lambda}_x$ (*lambda x*), merupakan matriks bagi faktor *loading* (λ) atau koefisien yang menunjukkan hubungan x_i dengan ξ_i , berukuran $q \times n$

$\boldsymbol{\xi}$ (*ksi*), merupakan vektor bagi variabel laten, berukuran $n \times 1$

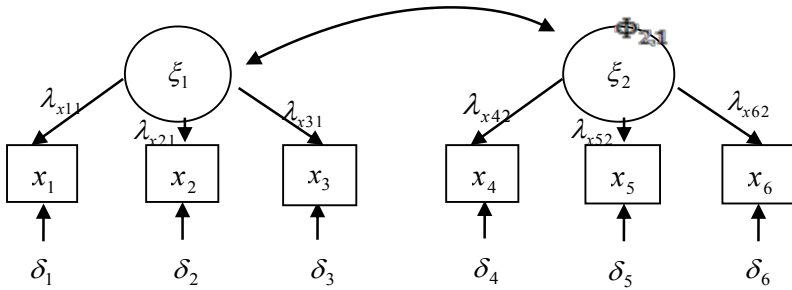
$\boldsymbol{\delta}$ (*delta*), merupakan vektor bagi kesalahan pengukuran variabel indikator, berukuran $q \times 1$.

Asumsi yang mengikuti Persamaan 2.7 adalah rata-rata kesalahan pengukuran sama dengan 0, $E(\boldsymbol{\delta}) = 0$ serta antara $\boldsymbol{\xi}$ dan $\boldsymbol{\delta}$ tidak berkorelasi, $E(\boldsymbol{\xi}\boldsymbol{\delta}') = 0$. Ketika \mathbf{X} diukur sebagai simpangan baku dari masing-masing rata-ratanya, maka matriks kovarians

dari \mathbf{X} ditulis sebagai fungsi θ dan direpresentasi sebagai $\Sigma(\theta)$ adalah sebagai berikut (Bollen, 1989).

$$\begin{aligned}
 \Sigma(\theta) &= E(\mathbf{X}\mathbf{X}^T) \\
 &= E[(\Lambda_x \xi + \delta)(\xi^T \Lambda_x^T + \delta^T)] \\
 &= E\left[(\Lambda_x \xi \xi^T \Lambda_x^T + \delta \xi^T \Lambda_x^T + \Lambda_x \xi \delta^T + \delta \delta^T)\right] \\
 &= \Lambda_x E(\xi \xi^T) \Lambda_x^T + E(\delta \xi^T \Lambda_x^T + \Lambda_x \xi \delta^T) + E(\delta \delta^T) \\
 &= \Lambda_x E(\xi \xi^T) \Lambda_x^T + 0 + E(\delta \delta^T) \\
 &= \Lambda_x E(\xi \xi^T) \Lambda_x^T + \Theta_\delta \\
 &= \Lambda_x \Phi \Lambda_x^T + \Theta_\delta
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

dimana Φ (*phi*) adalah matriks kovarians antar variabel laten ξ berukuran $n \times n$ dan Θ_δ adalah matriks kovarians untuk *error* pengukuran δ berukuran $q \times q$. Adapun model *First-Order CFA* ditunjukkan pada Gambar 2.1, dengan ilustrasi $q = 6$.



Gambar 2.1 *First-Order CFA*

First-Order CFA, ditentukan oleh lima elemen, yaitu: variabel laten (ξ), variabel yang diukur atau biasa disebut variabel indikator (x), *loading factor* (λ) pada setiap indikator, hubungan konstruk (Φ), dan kesalahan pengukuran untuk setiap

indikator (δ). Jika model pada Gambar 2.1 diterjemahkan ke dalam bentuk matriks, maka model tersebut menjadi seperti berikut.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 0 \\ \lambda_{21} & 0 \\ \lambda_{31} & 0 \\ 0 & \lambda_{42} \\ 0 & \lambda_{52} \\ 0 & \lambda_{62} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Selanjutnya, jika model pada Gambar 2.1 diuraikan ke dalam bentuk matriks secara satu-persatu, maka menjadi seperti berikut.

$$\text{Matriks } \lambda_{6 \times 2} \quad \begin{matrix} \xi_1 & \xi_2 \end{matrix} \quad (2.8)$$

$$\begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{matrix} \begin{bmatrix} \lambda_{11} & 0 \\ \lambda_{21} & 0 \\ \lambda_{31} & 0 \\ 0 & \lambda_{42} \\ 0 & \lambda_{52} \\ 0 & \lambda_{62} \end{bmatrix}$$

$$\text{Matriks } \delta_{6 \times 6}$$

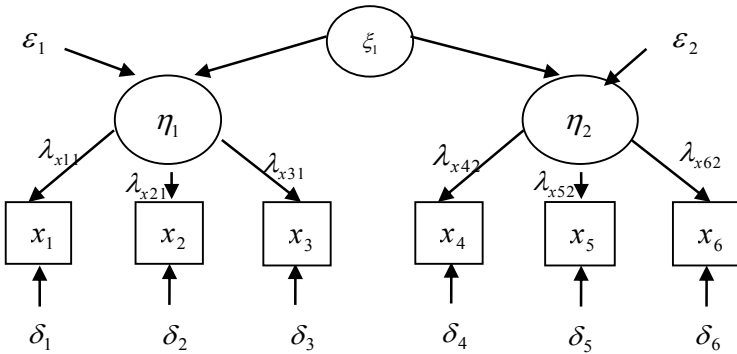
$$\begin{matrix} & x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 & x_6 \\ \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} \delta_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \delta_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \delta_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \delta_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \delta_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \delta_{66} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Matriks $\Phi_{2 \times 2}$

$$\begin{matrix} \xi_1 & \xi_2 \\ \xi_1 \begin{bmatrix} \Phi_{11} & 0 \\ 0 & \Phi_{22} \end{bmatrix} \\ \xi_2 \end{matrix}$$

2.2.2 Second-Order CFA

Pada *Second-Order Confirmatory Factor Analysis* suatu variabel laten memiliki beberapa indikator-indikator dimana indikator-indikator tersebut tidak dapat diukur secara langsung, melainkan melalui variabel laten lain. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 2.2 berikut (Ilustrasi $q = 6$).



Gambar 2.2 *Second-Order Confirmatory Factor Analysis*

Persamaan hubungan antara *First-Order Confirmatory Factor Analysis* dan *Second-Order Confirmatory Factor Analysis* ditunjukkan pada Persamaan 2.11 dan 2.12 berikut (Bollen, 1989).

$$\eta = \mathbf{B}\eta + \mathbf{\Gamma}\xi + \varsigma \quad (2.9)$$

$$\mathbf{X} = \mathbf{\Lambda}_x \eta + \varepsilon \quad (2.10)$$

dengan,

B merupakan koefisien *loading*

- Λ_x dan Γ merupakan matriks *first* dan *second order loading factor*
- ξ merupakan random vektor variabel laten
- ς merupakan vektor variabel tunggal (*unique*) untuk η
- ε merupakan residual

Hubungan antara *first* dan *second order* diberikan pada Persamaan 2.11. $B\eta$ dihilangkan ketika hanya ada faktor *second order* dan tidak satupun *first order* yang memiliki hubungan langsung satu dengan lainnya sehingga didapatkan model persamaan *Second-Order* CFA adalah sebagai berikut.

$$\eta = \Gamma\xi + \varsigma \quad (2.11)$$

2.3 Identifikasi Model

Sebelum melakukan tahap estimasi untuk mencari solusi dari persamaan simultan yang mewakili model yang dispesifikasi, terlebih dahulu perlu memeriksa identifikasi dari persamaan simultan tersebut (Wijanto, 2008). Secara garis besar ada 3 kategori identifikasi dalam persamaan simultan (Hair, Black, Anderson, & Babn, 2010).

1. *Just-Identified*

Model *just-identified* adalah model yang sempurna (*perfect fit*) tetapi tidak dapat diuji. Model disebut *just-identified* apabila nilai derajat bebas sama dengan nol. Nilai derajat bebas dihitung dari rumus $db = \frac{1}{2}(p + q)(p + q + 1) - t$, dimana t merupakan jumlah parameter yang akan diestimasi p merupakan jumlah variabel y (indikator variabel laten endogen) dan q merupakan jumlah variabel x (indikator variabel laten eksogen)

2. *Under-identified*

Model dikatakan *under-identified* apabila memiliki derajat bebas negative. Model ini tidak dapat diestimasi sebelum adanya penambahan *constraint* model. Penambahan *constraint* dapat dilakukan dengan menambah indikator ke dalam model atau menentukan parameter tambahan menjadi nol.

3. *Over-identified*

Model disebut *over-identified* bila memiliki derajat bebas lebih dari nol. Dalam kondisi ini jumlah persamaan lebih besar daripada jumlah parameter yang akan diestimasi.

2.4 Estimasi Parameter

Estimasi parameter pada CFA dilakukan dengan membandingkan matriks varian kovarian *measurement model* dengan matriks varian kovarian data observasi.

$$\begin{aligned} E(X_j^2) &= E[(\lambda_j \xi + \delta_j)^2] \\ &= \lambda_j^2 E(\xi^2) + E(\delta_j^2) + 2E(\lambda_j \xi \delta_j) \\ [E(X_j)]^2 &= [E(\lambda_j \xi + \delta_j)]^2 \\ &= \lambda_j^2 [E(\xi)]^2 + [E(\delta_j)]^2 + 2\lambda_j E(\xi)E(\delta_j) \end{aligned}$$

Diasumsikan varians faktor laten (ξ) adalah satu dengan *error* (δ) dan antarkonstruk tidak berkorelasi, dan *error* tidak berkorelasi dengan *error* yang lain.

$$\begin{aligned} \text{Var}(X_1) &= E[(\lambda_1 \xi + \delta_1)^2] - [E(\lambda_1 \xi + \delta_1)]^2 \\ &= \lambda_1^2 + \text{Var}(\delta_1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Var}(X_2) &= E[(\lambda_2 \xi + \delta_2)^2] - [E(\lambda_2 \xi + \delta_2)]^2 \\ &= \lambda_2^2 + \text{Var}(\delta_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cov}(X_1, X_2) &= E(X_1 X_2) - E(X_1)E(X_2) \\ &= E[(\lambda_1 \xi + \delta_1)(\lambda_2 \xi + \delta_2)] - E(\lambda_1 \xi + \delta_1)E(\lambda_2 \xi + \delta_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= [E(\lambda_1 \lambda_2 \xi^2 + \lambda_1 \xi \delta_2 + \lambda_2 \xi \delta_1 + \delta_1 \delta_2)] - 0 \\
&= \lambda_1 \lambda_2
\end{aligned}$$

sehingga matriks varian kovarian *measurement model* didapatkan:

$$\mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta}) = \begin{pmatrix} \lambda_1^2 + \text{Var}(\delta_1) & \lambda_1 \lambda_2 \\ \lambda_1 \lambda_2 & \lambda_2^2 + \text{Var}(\delta_2) \end{pmatrix}$$

dan matriks varian kovarian data observasi adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{\Sigma}(\hat{\boldsymbol{\theta}}) = \begin{pmatrix} \text{Var}(X_1) & \text{Cov}(X_1, X_2) \\ \text{Cov}(X_1, X_2) & \text{Var}(X_2) \end{pmatrix}$$

Sehingga dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\mathbf{\Sigma}(\boldsymbol{\theta}) &= \mathbf{\Sigma}(\hat{\boldsymbol{\theta}}) \\
\begin{pmatrix} \lambda_1^2 + \text{Var}(\delta_1) & \lambda_1 \lambda_2 \\ \lambda_1 \lambda_2 & \lambda_2^2 + \text{Var}(\delta_2) \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \text{Var}(X_1) & \text{Cov}(X_1, X_2) \\ \text{Cov}(X_1, X_2) & \text{Var}(X_2) \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

sehingga didapatkan nilai estimasi parameter λ_1 , λ_2 , $\text{Var}(\delta_1)$, dan $\text{Var}(\delta_2)$ adalah $\text{Var}(X_i) = \lambda_i^2 + \text{Var}(\delta_i)$.

2.5 Kriteria Goodness of Fit

Kebaikan model (*goodness of fit*) secara menyeluruh (*overall model fit*) atau disebut dengan uji kelayakan model, terdapat beberapa metode kebaikan sesuai model secara menyeluruh yaitu *Absolut Fit Measure* dan *Increment Fit Measure* dengan penjelasannya sebagai berikut:

2.5.1 Absolute Fit Measure

Absolute Fit Measure adalah mengukur model fit secara keseluruhan.

1. Chi-Square Statistik

Nilai *Chi-Square* ini menunjukkan adanya penyimpangan antara *sample covariance matrix* dan model (*fitted covariance matrix*). *Chi-Square* bersifat sensitif terhadap besarnya sampel yang digunakan. Hipotesis dari pengujian ini adalah sebagai berikut.

H_0 : $\Sigma = \Sigma(\theta)$ matrik kovarians populasi sama dengan matrik kovarians yang diestimasi

H_1 : $\Sigma = \Sigma(\theta)$ matrik kovarians populasi tidak sama dengan matrik kovarians yang diestimasi

Statistik uji yang digunakan adalah *likelihood ratio Chi-Square* statistik.

$$\chi^2 = 2 \sum \left[O_{ij} \log \frac{O_{ij}}{E_{ij}} \right] \quad (2.13)$$

Hasil yang diharapkan adalah menerima H_0 dengan syarat nilai χ^2 sekecil mungkin atau $P\text{-value} > \alpha$, dimana $\alpha = 0,05$.

2. *Goodness of Fit Index* (GFI)

Menurut Joreskog dan Sorborn (1984) dalam Wijanto (2008), estimasi dengan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), *Unweighted Least Square* (ULS), kemudian digeneralisir ke metode estimasi yang lain. Nilai GFI berkisar antara 0 (*poor fit*) hingga 1 (*perfect fit*).

$$GFI = 1 - \frac{F_k}{F_0} \quad (2.14)$$

dengan,

F_k merupakan nilai minimum dari *fit function* setelah pemodelan dengan k derajat bebas $\left(S - \sum_k \right)$.

F_0 merupakan nilai *fit function* yang dihasilkan jika semua parameter bernilai 0.

Nilai yang tinggi dalam indeks tersebut menunjukkan sebuah *better fit*. Nilai $GFI \geq 0,90$ merupakan *good fit* (kecocokan yang baik), sedangkan $0,80 \leq GFI < 0,90$ sering disebut *marginal fit* (Hair, Black, Anderson, & Babn, 2010).

3. *Root Mean Square Error of Approximate (RMSEA)*

RMSEA merupakan indeks yang informatif dalam SEM.

$$RMSEA = \sqrt{\frac{\chi^2 - df_k}{N - 1}} \quad (2.15)$$

dimana,

χ^2 = nilai statistik uji yang dianalisis

df_k = derajat bebas pengujian model yang dianalisis

N = jumlah sampel.

Nilai $RMSEA \leq 0,05$ menunjukkan *close fit*, sedangkan $0,05 < RMSEA \leq 0,08$ menunjukkan *good fit* (Hair, Black, Anderson, & Babn, 2010).

2.5.2 *Increment Fit Measure*

Increment Fit Measure adalah membandingkan model yang diusulkan dengan model dasar (*baseline model*) yang sering disebut sebagai *null model* atau *independence model*.

1. *Adjusted Goodness of Fit (AGFI)*

AGFI adalah analog dari R^2 dalam regresi berganda. Tingkat penerimaan yang direkomendasikan adalah apabila nilai $AGFI \geq 0,9$ (Bollen, 1989). Pengertian lain *Adjusted Goodness of Fit* merupakan pengembangan dari GFI yang disesuaikan dengan *ratio degree of freedom* untuk *proposed model* dengan *degree of freedom* untuk *null model* (Hair, Black, Anderson, & Babn, 2010).

$$AGFI = 1 - \frac{db_0}{db_m} (1 - GFI) \quad (2.16)$$

dimana,

$$db_0 = \frac{(p + q)(p + q + 1)}{2}$$

$$db_m = db_0 - t$$

2. *Tucker-Lewis Index / Non Normed Fit Index (TLI)*

Nilai TLI berkisar antara 0 hingga 1, dengan nilai $TLI \geq 0,90$ menunjukkan *good fit*, sedangkan apabila $0,80 \leq TLI < 0,90$ menunjukkan *marginal fit* (Wijanto, 2008). TLI dihitung dengan rumus sebagai berikut (Hair, Black, Anderson, & Babn, 2010).

$$TLI = \frac{\left[\left(\frac{\chi_N^2}{df_N} \right) - \left(\frac{\chi_k^2}{df_k} \right) \right]}{\left[\left(\frac{\chi_N^2}{df_N} \right) - 1 \right]} \quad (2.17)$$

dengan,

χ_N^2 = Nilai statistik uji model yang independen

χ_k^2 = Nilai statistik uji model yang dianalisis

df_N = Derajat bebas pengujian model independen

df_k = Derajat bebas pengujian model yang dianalisis

3. *Comparative Fit Index (CFI)*

Nilai CFI berkisar antara 0 hingga 1. Nilai $CFI \geq 0,90$ menunjukkan *good fit*, sedangkan $0,80 \leq CFI < 0,90$ menunjukkan *marginal fit*. CFI dihitung dengan rumus sebagai berikut (Hair, Black, Anderson, & Babn, 2010).

$$CFI = 1 - \frac{(\chi_k^2 - df_k)}{(\chi_N^2 - df_N)} \quad (2.18)$$

Menurut (Hair, Black, Anderson, & Babn, 2010), pemilihan kriteria pengukuran ini sebaiknya dipenuhi minimal satu dari pengukuran *Increment Fit Measure* dan satu dari

pengukuran *Absolute Fit Measure*. Lebih lanjut pengukuran yang digunakan adalah χ^2 serta *degree of freedom*, CFI atau TLI dan RMSEA dimana memberikan informasi cukup dalam mengevaluasi model.

2.6 Construct Reliability

Apabila kecocokan model dan data secara keseluruhan telah baik, maka selanjutnya evaluasi atau uji kecocokan model pengukuran. Berdasarkan hal tersebut untuk mengukur reliabilitas dalam SEM digunakan *construct reliability*. Reliabilitas suatu konstruk dihitung seperti berikut.

$$\text{Construct Reliability} = \frac{\left(\sum_{i=1}^p \lambda_i\right)^2}{\left(\sum_{i=1}^p \lambda_i\right)^2 + \sum_{i=1}^p \varepsilon_i} \quad (2.19)$$

dimana, λ_i = *standardized loadings* (jumlah dari *loading factor*) dan ε_i adalah *error* untuk setiap indikator atau variabel teramati. Ukuran ini dapat diterima keandalannya jika koefisien *construct reliability* (CR) $> 0,70$ dan menunjukkan *good reliability* sedangkan jika $0,60 \leq CR \leq 0,70$ juga dapat diterima dan menunjukkan bahwa indikator pada konstruk model telah baik (Hair, Black, Anderson, & Babn, 2010).

2.7 Analytical Network Process

Metode *Analytical Network Process* (ANP) merupakan pengembangan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode AHP dapat membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan menstruktur suatu hierarki kriteria, pihak yang berkepentingan, hasil, dan dengan menarik berbagai pertimbangan guna mengembangkan bobot atau prioritas. Metode ini juga menggabungkan kekuatan dari perasaan dan logika yang bersangkutan pada berbagai persoalan, lalu mensintesis berbagai

pertimbangan dan beragam menjadi hasil yang cocok dengan perkiraan kita secara intuitif sebagaimana yang dipresentasikan pada pertimbangan yang telah dibuat. Ada beberapa aksioma yang terkandung dalam model ANP, yaitu :

1. *Reciprocal Comparison*
Pengambilan keputusan harus dapat memuat perbandingan dan menyatakan preferensinya.
2. *Homogeneity*
Preferensi seseorang harus dapat dinyatakan dalam skala terbatas atau dapat dibandingkan satu sama lain. Jika aksioma ini tidak terpenuhi, maka elemen yang dibandingkan tidak homogen.
3. *Independent*
Preferensi dinyatakan dengan mengasumsikan bahwa kriteria tidak dipengaruhi oleh alternatif yang ada, melainkan objektif keseluruhan.
4. *Ekspectation*
Struktur hierarki diasumsikan lengkap. Apabila asumsi ini tidak terpenuhi, maka keputusan yang diambil tidak lengkap.

Metode AHP memiliki kelemahan berupa independensi antarkriteria dan atau alternatif. Dengan konsep yang hamper sama dengan AHP, metode ANP mampu memperbaiki kelemahan AHP berupa kemampuan mengakomodasi keterkaitan antar kriteria atau alternatif. Keterkaitan pada metode ANP ada 2 jenis, yaitu keterkaitan dalam satu set elemen (*inner dependence*) dan keterkaitan antar elemen yang berbeda (*outer dependence*). Secara umum langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menggunakan ANP adalah (Santoso dkk, 2010) :

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan kriteria solusi yang diinginkan.
2. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi atau pengaruh setiap elemen

atas setiap kriteria. Perbandingan dilakukan berdasarkan penilaian dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen.

Perbandingan tersebut kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk matriks untuk maksud analisis numerik, yaitu matriks $n \times n$.

Misalkan terdapat suatu sub sistem hirarki dengan kriteria A dan sejumlah elemen di bawahnya, B_1 sampai B_n . Perbandingan antar elemen untuk sub sistem hirarki itu dapat dibuat dalam bentuk matriks $n \times n$. Matriks ini disebut matriks perbandingan berpasangan.

| A | B_1 | B_2 | B_3 | ... | B_n |
|-------|----------|----------|----------|-----|----------|
| B_1 | b_{11} | b_{12} | b_{13} | ... | b_{1n} |
| B_2 | b_{21} | b_{22} | b_{23} | ... | b_{2n} |
| B_3 | b_{31} | b_{32} | b_{33} | ... | b_{3n} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| B_n | b_{n1} | b_{n2} | b_{n3} | ... | b_{nn} |

Nilai b_{ij} adalah nilai perbandingan elemen B_i terhadap B_j yang menyatakan hubungan:

- Seberapa jauh tingkat kepentingan B_i bila dibandingkan dengan B_j , atau
- Seberapa besar kontribusi B_i terhadap kriteria A dibandingkan dengan B_j , atau
- Seberapa jauh dominasi B_i dibandingkan dengan B_j , atau
- Seberapa banyak sifat kriteria A terdapat pada B_i dibandingkan dengan B_j .

Bila diketahui nilai b_{ij} maka secara teoritis nilai $b_{ji} = 1 / b_{ij}$, sedangkan b_{ij} dalam situasi $i = j$ adalah mutlak 1. Skala perbandingan yang digunakan mengikuti skala Saaty sebagai berikut.

Tabel 2.1 Skala Saaty 1-9

| Tingkat Kepentingan | Keterangan |
|---------------------|---|
| 1 | Kedua elemen sama pentingnya (<i>equally importance</i>) |
| 3 | Elemen satu sedikit lebih penting daripada elemen lainnya (<i>slightly more importance</i>) |
| 5 | Elemen satu lebih penting daripada elemen lainnya (<i>materially more importance</i>) |
| 7 | Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya (<i>significantly more importance</i>) |
| 9 | Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya (<i>absolute importance</i>) |
| 2,4,6,8 | Nilai antara dua pertimbangan yang berdekatan (<i>compromise values</i>) |

3. Pada proses AHP dengan elemen lebih dari satu seringkali terjadi perbedaan pendapat dalam pemberian kepentingan alternatif antarelemen, sehingga perlu digunakan rata-rata geometrik (*geometrik mean*) untuk menggabungkan pendapat responden saat memasukkan nilai kepentingan ke dalam matriks. Rumus rata-rata geometrik adalah sebagai berikut.

$$\text{Rataan Geometris } \sqrt[n]{R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n} \quad (2.20)$$

dimana R adalah jawaban responden dan n adalah jumlah responden.

4. Setelah mengumpulkan semua data perbandingan berpasangan dan memasukkan nilai-nilai kebalikannya serta nilai satu di sepanjang diagonal utama, prioritas masing-masing kriteria dicari dan konsistensi diuji.

5. Menentukan *eigenvector* dari matriks yang telah dibuat pada langkah keempat.
6. Mengulangi langkah 3, 4, dan 5 untuk semua kriteria.
7. Membuat *unweighted supermatrix* dengan cara memasukkan semua *eigen vector* yang telah dihitung pada langkah 5 ke dalam sebuah super matriks.
8. Membuat *weighted supermatrix* dengan cara melakukan perkalian setiap isi *n weighted supermatrix* terhadap matriks perbandingan kriteria (*cluster matrix*).
9. Membuat *limiting supermatrix* dengan cara memangkatkan super matriks secara terus menerus hingga angka disetiap kolom dalam satu baris sama besar, setelah itu lakukan normalisasi terhadap *limiting supermatrix*.
10. Mengambil nilai dari alternatif yang dibandingkan kemudian dinormalisasi untuk mengetahui hasil akhir perhitungan.
11. Memeriksa konsistensi, rasio konsistensi tersebut harus 10 persen atau kurang. Jika nilainya lebih dari 10%, maka penilaian data keputusan harus diperbaiki.

Dalam memeriksa konsistensi diperlukan ideks konsistensi yang diperoleh dari persamaan berikut.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (2.21)$$

dimana CI adalah indeks konsistensi, λ adalah nilai eigen terbesar dari matriks berordo n , dan n adalah orde matriks. Sedangkan untuk menghitung nilai rasio konsistensi (CR) digunakan rumus.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.22)$$

Nilai RI (*random index*) diperoleh dari tabel berikut.

Tabel 2.2 Nilai *Random Index* (RI)

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,90 | 1,12 |

Jika tidak memenuhi dengan $CR < 0,10$, maka penilaian harus diulang kembali karena pendapat responden tidak konsisten (Saaty, 2002).

2.8 **Risk Based Inspection (RBI)**

Risk Based Inspection merupakan pendekatan sistematis tentang metode pengolahan inspeksi atas peralatan atau unit kerja pada sebuah pabrik yang didasarkan pada tingkat risiko yang dimiliki oleh peralatan atau unit kerja tersebut. Proyek RBI berdasarkan API mulai diperkenalkan pertama kali pada tahun 1993 dan disponsori oleh kelompok industri minyak dan gas, seperti ARCO, Conoco, Exxon, Philips, Unocal, dan lainnya. Dalam hal ini, RBI dapat memberikan persentase tingkat risiko pada *pipeline* sehingga memberikan perhatian pada untuk dilakukan proses inspeksi.

Metode RBI terbukti lebih efisien dari segi waktu dan pendanaan. Dengan menggunakan metode ini dapat diketahui mengenai tingkat risiko dan matriks risiko sekaligus. Pada metode ini dilakukan penilaian risiko yang didefinisikan sebagai perkalian antara *Probability of Failure* (PoF) atau *likelihood* dengan *Consequence of Failure* (CoF) atau *consequence/severity* (Kalatpoor, dkk, 2011). Persamaan yang digunakan adalah :

$$Risk = PoF \times CoF \quad (2.23)$$

Risiko yang didapatkan dari hasil perhitungan tersebut kemudian dijadikan dasar dalam membuat matriks risiko. Matriks risiko merupakan cara yang efektif dalam menunjukkan distribusi risiko untuk komponen yang berbeda secara visual. Berikut merupakan gambaran dari matriks risiko.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

Keterangan :

| |
|------------------------|
| Berisiko Tinggi |
| Berisiko Menengah |
| Berisiko Sedang |
| Berisiko Rendah |
| Berisiko Sangat Rendah |
| Tidak Berisiko |

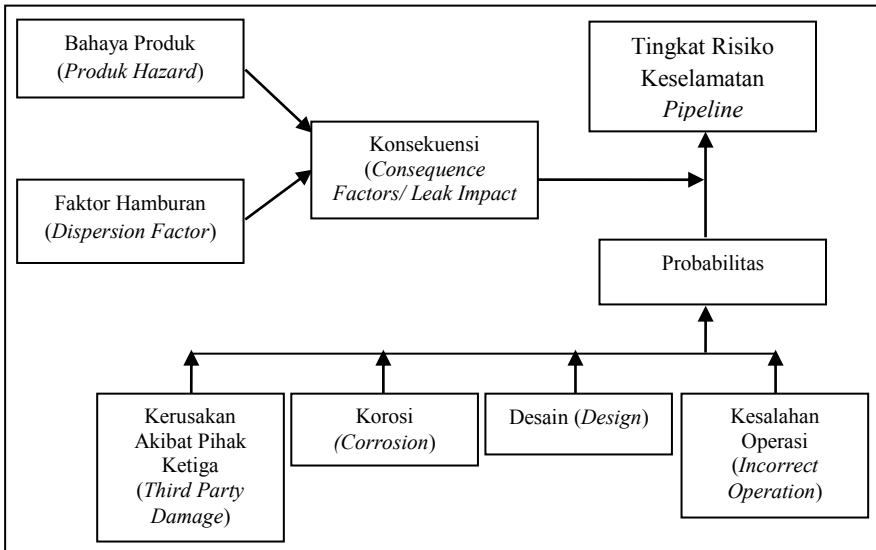
Gambar 2.3 Matriks Risiko

Pada matriks risiko terdapat beberapa kategori risiko, diantaranya kategori berisiko tinggi, berisiko menengah, berisiko sedang, berisiko rendah, berisiko sangat rendah, dan tidak berisiko. Dalam *American Petroleum Institute* (2002), kategori risiko asimetris tersebut untuk menunjukkan bahwa kategori konsekuensi diberikan bobot lebih tinggi dari kategori probabilitas. *Pipeline* yang berada ke arah sudut kanan atas dari matriks risiko kemungkinan besar akan memperoleh prioritas untuk perencanaan inspeksi karena *pipeline* tersebut telah memiliki risiko tinggi. Begitupun sebaliknya. Setelah dilakukan plot tingkat risiko, matriks ini dapat digunakan sebagai alat penyaring dalam prioritas inspeksi.

2.9 Manajemen Risiko *Pipeline* Kent Muhlbauer

Seiring dengan semakin padatnya jumlah penduduk dan adanya kawasan cagar alam dan budaya yang menjadi lintasan *pipeline* pada lokasi instalasi darat maka dikembangkan manajemen risiko *pipeline* untuk mengendalikan faktor-faktor kemungkinan dan konsekuensi yang terjadi akibat kebocoran *pipeline*. Saat ini, lembaga yang bergerak dalam menangani masalah perpipelinaan telah menentukan manajemen untuk mengelola *pipeline*, antara lain API (*American Petroleum Institute*) dan US EPA (*United States of America, Environmental Protection Agency*). Salah satu pendekatan manajemen risiko

untuk *pipeline* penyalur adalah metode semikualitatif dengan pendekatan *risk rating* yang dikembangkan oleh Kent Muhlbauer dengan pemodelan sebagai berikut.



Gambar 2.4 Skema Analisis Risiko Model Kent

Pada model Kent, faktor yang berpengaruh terhadap probabilitas adalah keusakan akibat pihak ketiga, korosi, desain, dan kerusakan operasi. Sedangkan faktor yang berpengaruh pada konsekuensi adalah bahaya produk, faktor hamburan, *leak volume*, dan *receptors* (Muhlbauer, 2004).

2.10 Strategi Pemeliharaan *Pipeline*

Setelah dilakukan perhitungan tingkat risiko pada *pipeline*, perlu dilakukan strategi pemeliharaan *pipeline* yang harus dilakukan sebagai proses inspeksi dalam upaya mitigasi risiko kebocoran *pipeline*. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari panduan dalam *American Petroleum Institute* (2002) terdapat beberapa strategi pemeliharaan yang dapat dilakukan, seperti

patrol, injeksi inhibitor penghambat korosi, *pigging*, inspeksi berkala, *intelligent pigging*, proteksi katoda, memperbaiki *Right of Way* (ROW), pelapisan (*coating*), pergantian peralatan pendukung, dan pergantian *pipeline* dengan *pipeline* baru. Strategi yang dilakukan didasarkan pada tingkat risiko yang diperoleh dengan memperhitungkan faktor biaya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diambil dari hasil wawancara dengan 30 responden berupa pegawai yang menangani langsung objek penelitian dan dipilih 4 pendapat ahli (*expert judgement*), diantaranya adalah:

Tabel 3.1 *Expert Judgements*

| Nama | Posisi |
|-------------------|---|
| Bayu C. Hervianto | <i>Field Engineer</i> |
| Cristy Sicilia S. | <i>Facility Engineer Pipeline</i> |
| Joko Purwono | <i>Attaka Operation Field Engineer</i> |
| Mobin | <i>Facility Inspection and Certification Specialist</i> |

3.2 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini mengacu pada konsep manajemen risiko *pipeline* Kent Muhlbauer antara lain :

Tabel 3.2 Variabel Penelitian

| Variabel Laten | Indikator |
|--|---------------------------------------|
| <i>Third Party Damage Index (TPDI)</i> | <i>Minimum Depth of Cover (MDC)</i> |
| | <i>Above Ground Facilities (AGF)</i> |
| | <i>Line Locating (LL)</i> |
| | <i>Public Education Program (PEP)</i> |
| | <i>ROW Condition (ROW)</i> |
| <i>Design Index (DI)</i> | <i>Safety Factor (SF)</i> |
| | <i>Fatigue (F)</i> |
| | <i>Surge Potential (SP)</i> |

| Variabel Laten | Indikator |
|--|----------------------------------|
| <i>Corrosion Index (CI)</i> | <i>Atmospheric (Ath)</i> |
| | <i>Internal Corossion (IC)</i> |
| | <i>Fluid Characteristic (FC)</i> |
| <i>Incorrect Operation Index (IOI)</i> | <i>Operation (O)</i> |
| | <i>Maintenance (M)</i> |

Dalam setiap indikator diberikan skala likert 1-5 yang terdiri dari kondisi sangat kurang baik hingga sangat baik dengan kategori terlampir. Selain itu, diberikan pula pertanyaan tentang perbandingan berpasangan dalam skala Saaty 1-9 yang digunakan dalam penentuan bobot dengan metode ANP.

3.3 Metode Analisis

Metode analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi risiko dilakukan dengan melakukan analisis *Confirmatory Factor Analysis* pada data kondisi *pipeline* berskala Likert 1-5 yang memiliki skala pengukuran interval yaitu dengan mengevaluasi indikator penilaian yang unidimensional terhadap variabel penyebab kebocoran *pipeline* melalui tahapan berikut.
 - a. Melakukan uji asumsi normal multivariat data.
 - b. Melakukan identifikasi model berdasarkan perbandingan jumlah parameter yang diestimasi dengan jumlah data yang diketahui.
 - c. Menduga parameter-parameter model dengan menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE).
 - d. Menguji kecocokan antara model dengan data menggunakan kriteria *Goodness of Fit* (GoF), jika belum sesuai maka melakukan modifikasi model.

- e. Melakukan reliabilitas konstruk masing-masing variabel laten untuk mengetahui sejauh mana reliabilitas atau konsistensi variabel laten.
- f. Melakukan pengujian signifikansi masing-masing parameter variabel laten menggunakan uji t ketika model sudah valid/layak. Jika nilai t -hitung lebih besar daripada nilai t -tabel dimana $\alpha = 0,05$ dan derajat bebas $n-1$, maka variabel tersebut signifikan membentuk suatu unidimensional.

Apabila model belum baik, maka perlu dilakukan analisis *Explanatory Factor Analysis* (EFA) untuk menentukan model baru yang sesuai dengan kondisi riil. Jika model CFA sudah baik, dilakukan perhitungan bobot untuk menghitung tingkat risiko objek penelitian.

2. Evaluasi dan pengukuran risiko dilakukan dengan menghitung bobot maksimal dari setiap faktor dan subfaktor dari indeks sebagai kriteria pembobotan dengan menggunakan metode *Analytical Network Process* dari data perbandingan berpasangan berskala Saaty 1-9.
 - a. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi atau pengaruh setiap elemen atas setiap kriteria.
 - b. Memasukkan nilai-nilai kebalikannya serta nilai satu di sepanjang diagonal utama, prioritas masing-masing kriteria dicari dan konsistensi diuji.
 - c. Menentukan *eigenvector* dari matriks yang telah dibuat pada langkah ketiga.
 - d. Mengulangi langkah 3, 4, dan 5 untuk semua kriteria.
 - e. Membuat *unweighted super matrix* dengan cara memasukkan semua *eigenvector* yang telah dihitung pada langkah 5 ke dalam sebuah super matriks.

- f. Membuat *weighted super matrix* dengan cara melakukan perkalian setiap isi *unweighted supermatrix* terhadap matriks perbandingan kriteria (*cluster matrix*).
- g. Membuat *limiting supermatrix* dengan cara memangkatkan super matriks secara terus menerus hingga angka disetiap kolom dalam satu baris sama besar, setelah itu lakukan normalisasi terhadap *limiting supermatrix*.
- h. Mengambil nilai dari alternatif yang dibandingkan kemudian dinormalisasi untuk mengetahui hasil akhir perhitungan.
- i. Memeriksa konsistensi, rasio konsistensi tersebut harus 10 persen atau kurang. Jika nilainya lebih dari 10%, maka penilaian data keputusan harus diperbaiki. Setelah diperoleh bobot tiap faktor kemudian dihitung tingkat risiko untuk tiap faktor dengan persamaan.

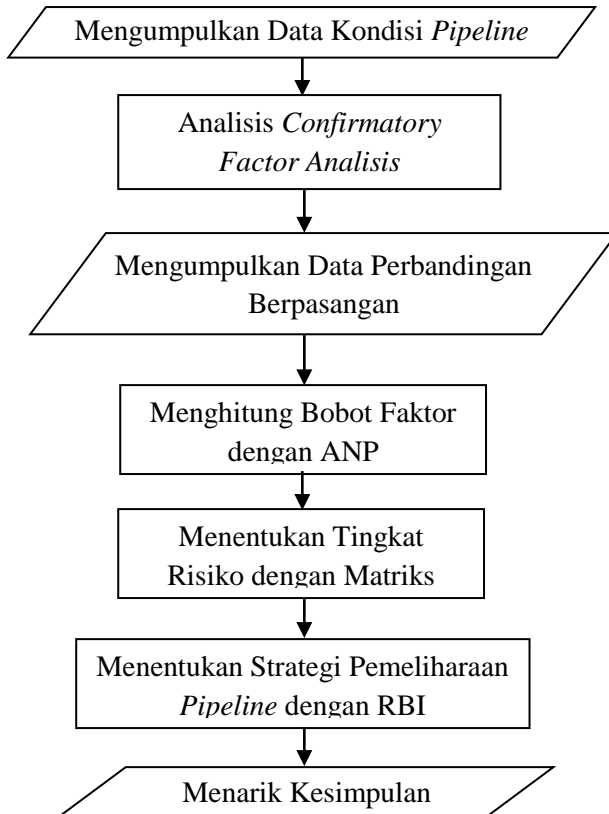
Nilai untuk tiap faktor (score) = bobot x nilai rating

Nilai *score* digunakan untuk menentukan tingkat risiko berdasarkan matriks risiko, dimana risiko diperoleh dari perkalian *PoF* dan *CoF*.

- 3. Pengelolaan risiko dilakukan dengan merumuskan strategi pemeliharaan yang harus dilakukan berdasarkan kondisi tingkat risiko *pipeline* yang diperoleh serta menghitung biaya perbaikan yang harus dikeluarkan jika dilakukan proses inspeksi dengan menggunakan *Risk Based Inspection*.
- 4. Menarik kesimpulan.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian yang akan digunakan dalam proses penentuan strategi pemeliharaan *pipeline* di PT. X.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Risiko

Langkah pertama yang dilakukan dalam manajemen risiko adalah melakukan identifikasi risiko. Proses identifikasi risiko pada objek penelitian *pipeline* 18 inchi jalur Attaka – Tanjung Santan di PT. X dilakukan dengan statistika deskriptif dan CFA (*Confirmatory Factor Analysis*).

4.1.1 Statistika Deskriptif

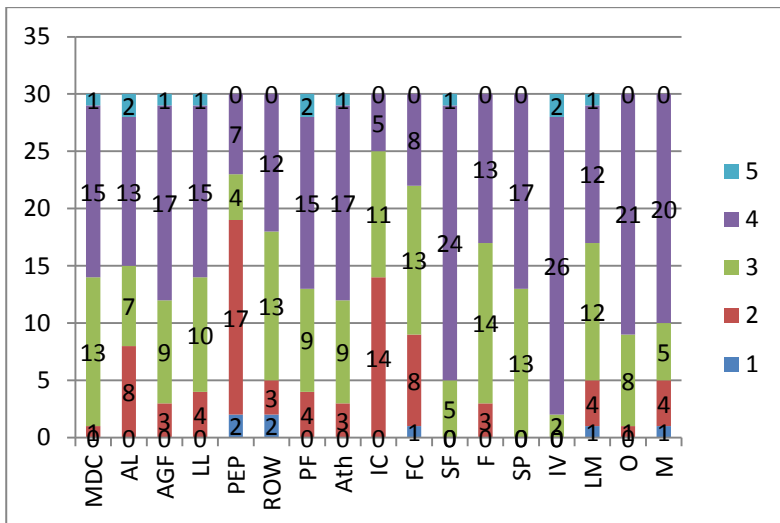
Spesifikasi dari *pipeline* berukuran 18 inchi pada jalur Attaka – Tanjung Santan di PT. X adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Spesifikasi *Pipeline*

| | | |
|-------------------------|-------------|---------------------------|
| ID | | PL-N-035-18-20-ATP-STP |
| Visions Number | | ATK-PROP-PROC-PL035-18-20 |
| Area | | Utara |
| Field | | Attaka |
| Status | | <i>On Service</i> |
| <i>Service</i> | | Minyak |
| Panjang <i>Pipeline</i> | Ft | 69000 |
| | Km | 21.0312 |
| Material | Spesifikasi | API 5L |
| | Tingkat | X-52 |
| Desain Umur | | 25 |
| Tahun Pembangunan | | 1972 |
| Umur <i>Pipeline</i> | | 43 |

Data dalam penelitian ini diperoleh dari hasil wawancara dengan 30 orang responden. Responden merupakan pegawai tetap di PT. X yang menangani langsung objek penelitian tersebut yang

bekerja pada bagian *facility inspection and certification, pipeline specialist, engineer, Health-Environment-Safety (HES), maintenance, operator*, dan tehnisi. Rata-rata usia responden adalah 38 tahun dengan rata-rata lama pekerjaan 12 tahun. Dari hasil pengukuran kondisi *pipeline* 18 inchi pada jalur Attaka – Tanjung Santan berdasarkan 17 variabel yang telah ditentukan dengan menggunakan skala Likert 1-5, diperoleh diagram persebaran data sebagai berikut.



Gambar 4.1 Diagram Persebaran Data Kondisi *Pipeline*

Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa untuk variabel MDC, 15 orang responden menilai bahwa kondisi *pipeline* pada variabel MDC adalah baik, 13 responden menyatakan dalam kondisi sedang, sementara sisanya menjawab dalam kondisi buruk dan sangat baik. Pada variabel AL, 12 orang menjawab bahwa *pipeline* dalam kondisi yang baik. Delapan orang menjawab

dalam kondisi buruk, 7 orang menjawab dalam kondisi sedang, dan sisanya menjawab sangat baik. Secara umum, statistika deskriptif kondisi *pipeline* pada tiap variabel dapat dijelaskan dalam Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Kondisi *Pipeline*

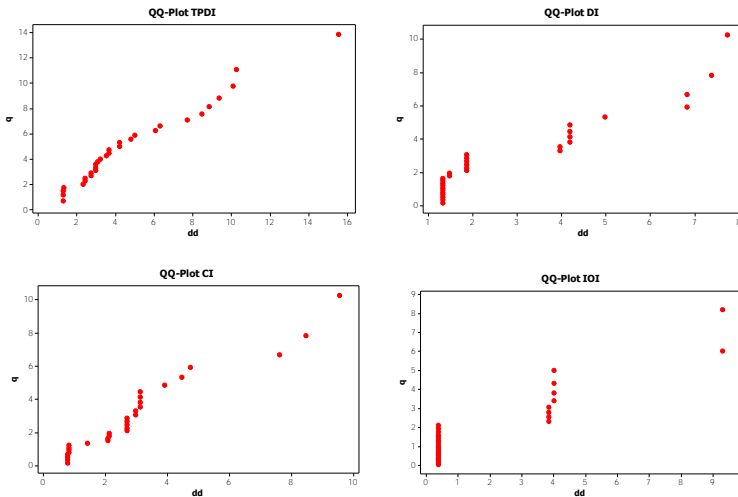
| Variabel | Rata-rata | Varians | Kondisi |
|-----------------|------------------|----------------|----------------|
| MDC | 3,533333 | 0,395402 | Baik |
| AL | 3,3 | 0,906897 | Sedang |
| AGF | 3,533333 | 0,533333 | Baik |
| LL | 3,433333 | 0,598851 | Sedang |
| PEP | 2,533333 | 0,878161 | Sedang |
| ROW | 3,166667 | 0,764368 | Sedang |
| PF | 3,5 | 0,672414 | Baik |
| Ath | 3,533333 | 0,533333 | Baik |
| IC | 2,7 | 0,562069 | Sedang |
| FC | 2,933333 | 0,685057 | Sedang |
| SF | 3,866667 | 0,188506 | Baik |
| F | 3,333333 | 0,436782 | Sedang |
| SP | 3,566667 | 0,254023 | Baik |
| IV | 4 | 0,137931 | Baik |
| LM | 3,266667 | 0,754023 | Sedang |
| O | 3,666667 | 0,298851 | Baik |
| M | 3,466667 | 0,74023 | Sedang |

Dari Tabel 4.2 terlihat bahwa rata-rata kondisi *pipeline* pada variabel MDC adalah sebesar 3,533333 dengan varians sebesar 0,395401. Nilai tersebut berada di antara skala 3 yang menunjukkan kondisi sedang dan skala 4, yaitu saat kondisi baik

sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi *pipeline* berdasarkan variabel MDC berada pada kondisi baik.

4.1.2 Pengujian Normal Multivariat

Sebelum dilakukan analisis multivariat dengan CFA (*Confirmatory Factor Analysis*), perlu dilakukan pengujian asumsi normal multivariat. Pengujian asumsi data berdistribusi normal multivariat dianalisis menggunakan tiga metode. Metode pertama berupa kurva QQ-plot.



Gambar 4.2 Kurva QQ-plot

Dari keempat kurva tersebut tampak bahwa data berdistribusi normal multivariat karena mengikuti garis diagonal lurus. Namun kurva QQ-plot hanya mewakili bentuk distribusi data secara visual. Pada variabel DI dan IOI masih muncul dugaan bahwa data tidak berdistribusi normal multivariat. Untuk menunjukkan apakah suatu data berdistribusi normal multivariat secara valid perlu dilakukan pengujian dengan metode lain, yaitu

dengan perhitungan koefisien korelasi dan kuadrat jarak Mahalanobis.

Metode kedua yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah suatu data berdistribusi normal multivariat adalah dengan menghitung koefisien korelasi (r_Q) menggunakan persamaan (2.4). Apabila nilai $r_Q > 0,9479$, maka data berdistribusi normal multivariat. Nilai 0,9479 merupakan nilai kritis untuk uji koefisien korelasi normalitas *Q-Q plot* pada $n = 30$ dengan taraf signifikansi 0,01. Berikut merupakan hasil perhitungan koefisien korelasi dari setiap variabel.

Tabel 4.3 Uji Normal Multivariat dengan Koefisien Korelasi

| Variabel Laten | r_Q | Keterangan |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|
| TPDI | 0,982313 | Data Normal Multivariat |
| DI | 0,951878 | Data Normal Multivariat |
| CI | 0,969018 | Data Normal Multivariat |
| IOI | 0,925946 | Data Tidak Normal Multivariat |

Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa variabel IOI tidak berdistribusi normal multivariate. Pada proses analisis lebih lanjut, data diasumsikan berdistribusi normal multivariat untuk dilanjutkan pada CFA (*Confirmatory Factor Analysis*).

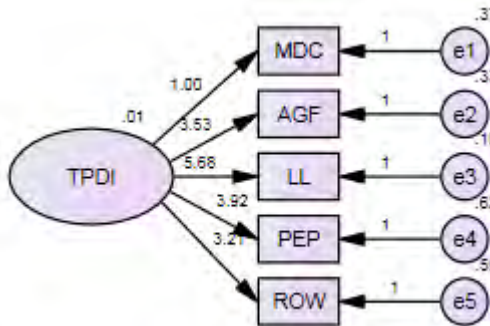
4.1.3 First Order CFA

Proses analisis berikutnya adalah pengukuran *unidimensional data*. Pengukuran ini dilakukan untuk mengukur apakah indikator-indikator tersebut benar-benar mengukur variabel laten faktor penyebab kebocoran *pipeline* di PT. X dengan mengetahui validitas, reliabilitas, dan kontribusi yang diberikan masing-masing variabel indikator yang menyusun variabel laten. Unidimensionalitas suatu variabel laten terhadap

variabel indikator pembentuknya dievaluasi menggunakan validitas konvergen dan reliabilitas komposit dengan mengkonstruksi variabel laten ke dalam *path diagram*.

4.1.3.1 Unidimensionalitas Variabel TPDI

Variabel laten TPDI diukur dengan indikator MDC, AGF, LL, PEP, dan ROW. Pada level *first order* CFA, tipe indikator yang digunakan adalah indikator refleksif (anak panah variabel laten menuju ke indikator). Pendugaan indikator TPDI ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Path Diagram* Variabel Laten TPDI

Setelah didapatkan *path diagram* variabel laten TPDI, langkah analisis selanjutnya adalah melakukan identifikasi model. Tahapan ini dilakukan sebelum mengestimasi model CFA. Jumlah parameter yang akan diestimasi (t) adalah sebanyak 11. Indikator variabel eksogen (q) ada 6 dan indikator variabel endogen (p) sebanyak 5. Derajat bebas (df) dari pemodelan CFA TPDI diperoleh dari $\frac{1}{2}(p+q)(p+q+1)-t$ adalah 66. Karena nilai $df > 0$, maka model termasuk dalam kategori *over identified* sehingga perlu dilakukan pengujian pada nilai yang estimasi parameter yang terbentuk.

Model ini memerlukan pengujian lebih lanjut apakah matriks varian-kovarian sedekat mungkin atau sama dengan matrik varian kovarian populasi dari variabel-variabel teramati. Pengujian ini dapat dilakukan dengan faktor kesesuaian model (*goodness of fit*) yang ditunjukkan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 *Goodness of Fit* Variabel Laten TPDI

| Kriteria | <i>Goodness of Fit Index</i> | <i>Cut off Value</i> | Hasil | Evaluasi Model |
|------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------------------|
| <i>Absolut Fit Measure</i> | <i>Chi-square</i> | Kecil | 2,45 | Model baik |
| | GFI | $\geq 0,90$ | 0,967 | Model baik |
| | RMSEA | $\leq 0,08$ | 0,000 | Model baik |
| <i>Increment Fit Measure</i> | AGFI | $\geq 0,90$ | 0,902 | Model baik |
| | TLI | $\geq 0,90$ | 1,307 | Model baik |
| | CFI | $\geq 0,90$ | 1,000 | Model baik |

Pemilihan faktor pengukuran ini sebaiknya dipenuhi minimal satu dari pengukuran *Increment Fit Measure* dan satu dari pengukuran *Absolute Fit Measure*. Dari faktor *chi-square* menunjukkan nilai 2,45. Nilai ini dikatakan baik karena ukuran suatu model dikatakan baik berdasarkan faktor *chi-square (cut off value)* adalah ketika nilai *chi-square* kecil. Semakin mendekati nol, maka model semakin baik. Model juga dinilai baik dalam indeks GFI, RMSEA, AGFI, TLI, dan CFI karena nilai hasil sudah memenuhi *cut off value*. Dengan demikian model ini sudah dapat dikatakan baik.

Besarnya kontribusi dari setiap variabel indikator terhadap variabel laten TPDI ditunjukkan dari nilai *loading standardized* (λ_i). Tabel 4.5 menunjukkan nilai *loading standardized* yang diperoleh dari hasil analisis variabel laten TPDI.

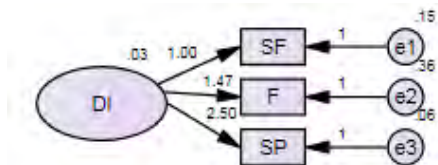
Tabel 4.5 Nilai *Loading Standardized* Var. Laten TPDI

| Variabel Indikator | Nilai Loading Standardized (λ_i) |
|---------------------------|--|
| MDC \leftarrow TPDI | 0,197 |
| AGF \leftarrow TPDI | 0,598 |
| LL \leftarrow TPDI | 0,909 |
| PEP \leftarrow TPDI | 0,518 |
| ROW \leftarrow TPDI | 0,455 |

Dari Tabel 4.5 dapat dijelaskan bahwa kontribusi variabel indikator MDC dalam mengukur variabel laten TPDI adalah sebesar 0,197 atau 19,7 persen. Kontribusi MDC memiliki nilai yang kecil dibandingkan dengan variabel AGF yang menjelaskan variabel laten TPDI dengan kontribusi 59,8 persen, variabel LL sebesar 90,9 persen, variabel PEP sebesar 51,8 persen, dan variabel ROW sebesar 45,5 persen. Suatu indikator dikatakan signifikan berpengaruh terhadap variabel laten apabila memiliki kontribusi lebih dari 50 persen. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa indikator yang berpengaruh signifikan terhadap variabel laten TPDI adalah AGF, LL, dan PEP.

4.1.3.2 Unidimensionalitas Variabel DI

Variabel DI memiliki indikator Ath, IC, dan FC. Pendugaan indikator DI ditunjukkan pada Gambar 4.4.

**Gambar 4.4** *Path Diagram* Variabel Laten DI

Setelah didapatkan *path diagram* variabel laten DI, maka dilakukan identifikasi model. Jumlah parameter yang akan diestimasi (t) adalah sebanyak 6. Indikator variabel eksogen (q) ada 4 dan indikator variabel endogen (p) sebanyak 3. Derajat bebas (df) dari pemodelan CFA TPDI diperoleh dari $\frac{1}{2}(p+q)(p+q+1)-t$ adalah 22. Karena nilai $df > 0$, maka model termasuk dalam kategori *over identified* sehingga perlu dilakukan pengujian pada nilai yang estimasi parameter yang terbentuk.

Model ini memerlukan pengujian lebih lanjut apakah matriks varian-kovarian sedekat mungkin atau sama dengan matrik varian kovarian populasi dari variabel-variabel teramati. Pengujian ini dapat dilakukan dengan faktor kesesuaian model (*goodness of fit*) yang ditunjukkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 *Goodness of Fit* Variabel Laten DI

| <i>Goodnees of Fit Index</i> | <i>Cutt off Value</i> | Hasil | Evaluasi Model |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------|-----------------------|
| <i>Chi-square</i> | Kecil | 0,000 | Model baik |
| GFI | $\geq 0,90$ | 1,000 | Model baik |
| RMSEA | $\leq 0,08$ | 0,276 | Model kurang baik |
| AGFI | $\geq 0,90$ | 0,000 | Model kurang baik |
| TLI | $\geq 0,90$ | 0,000 | Model kurang baik |
| CFI | $\geq 0,90$ | 1,000 | Model baik |

Faktor kebaikan model CFA untuk variabel laten DI 3 faktor menunjukkan model baik dan 3 diantaranya adalah model kurang baik, yaitu pada RMSEA, AGFI, dan TLI. Faktor CFI menunjukkan nilai 1,000 sehingga model dinilai baik karena *cut off value* suatu model dikatakan baik pada faktor ini adalah jika nilai $GFI \geq 0,90$. Selain pada faktor CFI, model juga sudah dikatakan baik berdasarkan faktor GFI dan *chi square*. Pemilihan

faktor pengukuran ini sebaiknya dipenuhi minimal satu dari pengukuran *Increment Fit Measure* dan satu dari pengukuran *Absolute Fit Measure*. Model dikatakan baik dari pengukuran *Increment Fit Measure* diwakili oleh faktor CFI, sedangkan pengukuran *Absolute Fit Measure* diwakili oleh faktor *chi-square* dan GFI. Dengan demikian model ini sudah dapat dikatakan baik.

Besarnya kontribusi dari setiap variabel indikator terhadap variabel laten DI juga ditunjukkan dari nilai *loading standardized* (λ_i). Tabel 4.7 menunjukkan nilai *loading standardized* yang diperoleh dari hasil analisis variabel laten DI.

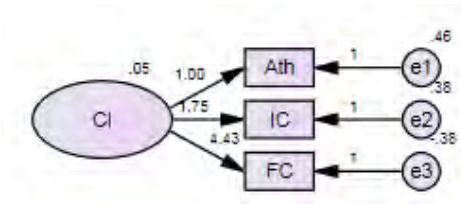
Tabel 4.7 Nilai *Loading Standardized* Var. Laten DI

| Variabel Indikator | Nilai <i>Loading Standardized</i> (λ_i) |
|---------------------------|---|
| SF | 0,407 |
| F | 0,393 |
| SP | 0,877 |

Dari Tabel 4.7 dapat dijelaskan bahwa kontribusi variabel indikator SF dalam mengukur variabel laten DI adalah sebesar 0,407 atau 40,7 persen. Kontribusi variabel F sebesar 39,3 persen dan variabel SP sebesar 87,7 persen. Dengan demikian, variabel indikator SP memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel laten DI.

4.1.3.3 Unidimensionalitas Variabel CI

Variabel DI memiliki indikator Ath, IC, dan FC. Pendugaan indikator CI ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Path Diagram* Variabel Laten CI

Setelah didapatkan *path diagram* variabel laten CI, maka dilakukan identifikasi model. Jumlah parameter yang akan diestimasi (t) adalah sebanyak 6. Indikator variabel eksogen (q) ada 4 dan indikator variabel endogen (p) sebanyak 3. Derajat bebas (df) dari pemodelan CFA TPDI diperoleh dari $\frac{1}{2}(p+q)(p+q+1)-t$ adalah 22. Karena nilai $df > 0$, maka model termasuk dalam kategori *over identified* sehingga perlu dilakukan pengujian pada nilai yang estimasi parameter yang terbentuk.

Model ini memerlukan pengujian lebih lanjut apakah matriks varian-kovarian sedekat mungkin atau sama dengan matrik varian kovarian populasi dari variabel-variabel teramati. Pengujian ini dapat dilakukan dengan faktor kesesuaian model (*goodness of fit*) yang ditunjukkan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 *Goodness of Fit* Variabel Laten CI

| Faktor | Cutt off Value | Hasil | Evaluasi Model |
|-------------------|----------------|-------|-------------------|
| <i>Chi-square</i> | Kecil | 0,000 | Model baik |
| GFI | $\geq 0,90$ | 1,000 | Model baik |
| RMSEA | $\leq 0,08$ | 0,000 | Model baik |
| AGFI | $\geq 0,90$ | 0,000 | Model kurang baik |
| TLI | $\geq 0,90$ | 0,000 | Model kurang baik |
| CFI | $\geq 0,90$ | 1,000 | Model baik |

Faktor kebaikan model CFA untuk variabel laten CI 4 faktor menunjukkan model baik dan 2 diantaranya adalah model kurang baik, yaitu pada AGFI, dan TLI. Faktor GFI menunjukkan nilai 1,000 sehingga model dinilai baik karena *cut off value* suatu model dikatakan baik pada faktor ini adalah jika nilai $GFI \geq 0,90$. Selain pada faktor GFI, model juga sudah dikatakan baik berdasarkan faktor *chi-square* dan CFI. Model dikatakan baik dari salah satu dari pengukuran *Increment Fit Measure* dan *Absolute Fit Measure* masing-masing ada 1 faktor yang termasuk kategori *good/ marginal fit*. Pada variabel laten CI, pengukuran *Increment Fit Measure* diwakili oleh faktor CFI, sedangkan pengukuran *Absolute Fit Measure* diwakili oleh faktor *chi-square*, RMSEA, dan GFI. Dengan demikian model ini sudah dapat dikatakan baik.

Besarnya kontribusi dari setiap variabel indikator terhadap variabel laten CI juga ditunjukkan dari nilai *loading standardized* (λ_i). Tabel 4.9 menunjukkan nilai *loading standardized* yang diperoleh dari hasil analisis variabel laten CI.

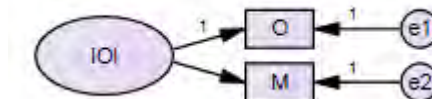
Tabel 4.9 Nilai *Loading Standardized* Var. Laten CI

| Variabel Indikator | Nilai <i>Loading Standardized</i> (λ_i) |
|---------------------------|---|
| Ath | 0,321 |
| IC | 0,549 |
| FC | 1,255 |

Dari Tabel 4.9 dapat dijelaskan bahwa kontribusi variabel indikator Ath dalam mengukur variabel laten CI adalah sebesar 0,321 atau 32,1 persen. Kontribusi variabel IC sebesar 54,9 persen dan variabel FC sebesar 125,5 persen.

4.1.3.4 Unidimensionalitas Variabel IOI

Variabel DI memiliki indikator O dan M. Pendugaan indikator IOI ditunjukkan pada Gambar 4.6.

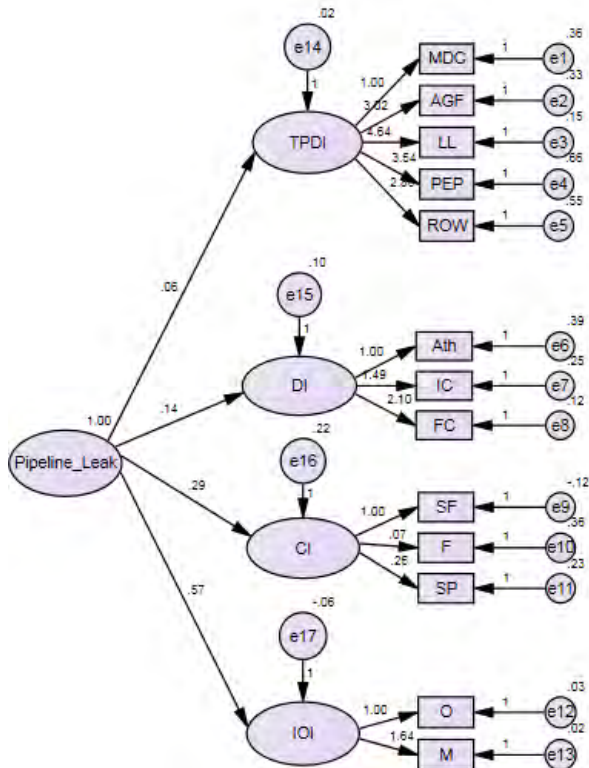


Gambar 4.6 *Path Diagram* Variabel Laten IOI

Setelah didapatkan *path diagram* variabel laten IOI, maka dilakukan identifikasi model. Jumlah parameter yang akan diestimasi (t) adalah sebanyak 5. Indikator variabel eksogen (q) ada 3 dan indikator variabel endogen (p) sebanyak 2. Derajat bebas (df) dari pemodelan CFA TPDI diperoleh dari $\frac{1}{2}(p+q)(p+q+1)-t$ adalah 10. Karena nilai $df < 0$, maka model termasuk dalam kategori *over identified* sehingga perlu dilakukan pengujian pada nilai yang estimasi parameter yang terbentuk. Namun karena variabel indikator yang terlalu sedikit, parameter model tidak dapat diestimasi sehingga perlu dilanjutkan ke *second order* CFA.

4.1.4 Second Order CFA

Pada *Second-Order Confirmatory Factor Analysis* suatu variabel laten memiliki beberapa indikator-indikator dimana indikator-indikator tersebut tidak dapat diukur secara langsung, melainkan melalui variabel laten lain. Dalam kasus ini, variabel laten *Pipeline Leak* diukur oleh 4 variabel laten meliputi TPDI, DI, CI, dan IOI. Pendugaan faktor *Pipeline Leak* ditunjukkan dalam *path diagram* berikut.



Gambar 4.7 Path Diagram Second Order CFA

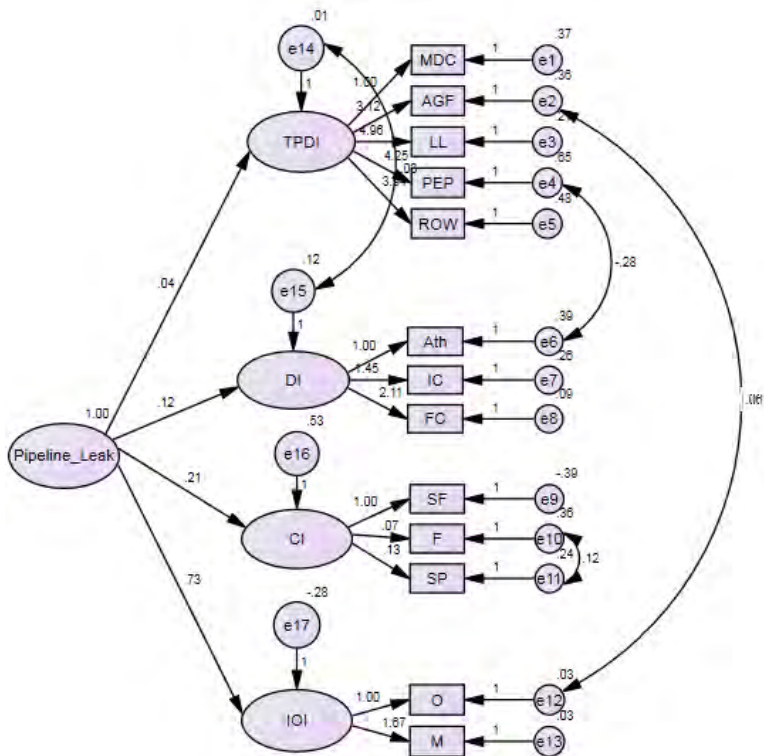
Setelah didapatkan *path diagram*, maka dilakukan identifikasi model. Jumlah parameter yang akan diestimasi (t) adalah sebanyak 24. Indikator variabel eksogen (q) ada 17 dan indikator variabel endogen (p) sebanyak 18. Derajat bebas (df) dari pemodelan CFA TPDI diperoleh dari $\frac{1}{2}(p+q)(p+q+1)-t$ adalah 129. Karena nilai $df > 0$, maka model termasuk dalam kategori *over identified* sehingga perlu dilakukan pengujian pada nilai yang estimasi parameter yang terbentuk. Model ini

memerlukan pengujian lebih lanjut apakah matriks varian-kovarian sedekat mungkin atau sama dengan matrik varian kovarian populasi dari variabel-variabel teramati. Pengujian ini dapat dilakukan dengan faktor kesesuaian model (*goodness of fit*) yang ditunjukkan dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10 *Goodness of Fit Second Order CFA*

| Faktor | Cutt off Value | Hasil | Evaluasi Model |
|-------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| <i>Chi-square</i> | Kecil | 1,816 | Model baik |
| GFI | $\geq 0,90$ | 0,685 | Model kurang baik |
| RMSEA | $\leq 0,08$ | 0,168 | Model kurang baik |
| AGFI | $\geq 0,90$ | 0,530 | Model kurang baik |
| TLI | $\geq 0,90$ | 0,640 | Model kurang baik |
| CFI | $\geq 0,90$ | 0,718 | Model kurang baik |

Faktor kebaikan model *second order* CFA hanya faktor *chi square* menunjukkan model baik dan 5 faktor lain adalah model kurang baik. Model dikatakan baik dari salah satu dari pengukuran *Increment Fit Measure* dan *Absolute Fit Measure* masing-masing ada 1 faktor yang termasuk katoegori *good/marginal fit*. Pengukuran *Increment Fit Measure* diwakili oleh faktor CFI, sedangkan pengukuran *Absolute Fit Measure* diwakili oleh faktor *chi-square*. Dengan demikian model ini sudah dapat dikategorikan baik. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, maka perlu dilakukan modifikasi model. *Path diagram* dari modifikasi model yang terbentuk adalah sebagai berikut.



Gambar 4.8 Path Diagram Second Order CFA Dimodifikasi

Dengan adanya modifikasi model, dimana ditemukan adanya korelasi antara F dengan SP, AGF dengan O, PEP dengan Ath, dan TPDI dengan DI, diperoleh *goodness of fit* sebagai berikut.

Tabel 4.11 *Goodness of Fit Second Order CFA Dimodifikasi*

| Faktor | Cutt off Value | Hasil | Evaluasi Model |
|-------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| <i>Chi-square</i> | Kecil | 1,399 | Model baik |
| <i>P-value</i> | $\geq 0,05$ | 0,025 | Model kurang baik |
| GFI | $\geq 0,90$ | 0,685 | Model kurang baik |
| RMSEA | $\leq 0,08$ | 0,117 | Model kurang baik |
| AGFI | $\geq 0,90$ | 0,643 | Model kurang baik |
| TLI | $\geq 0,90$ | 0,824 | Model cukup baik |
| CFI | $\geq 0,90$ | 0,871 | Model cukup baik |

Faktor kebaikan model *second order CFA* yang dimodifikasi menunjukkan ada 1 faktor yang menunjukkan model baik, 2 faktor menunjukkan model cukup baik, dan 4 lainnya adalah model kurang baik, yaitu pada GFI, RMSEA, dan AGFI. Pengukuran *Increment Fit Measure* mengatakan model *marginal fit* diwakili oleh faktor CFI dan TLI, sedangkan pengukuran *Absolute Fit Measure* diwakili oleh faktor *chi-square* mengatakan bahwa model sudah baik. Dengan demikian model ini sudah dapat dikatakan baik.

Besarnya kontribusi dari setiap variabel indikator terhadap variabel laten DI juga ditunjukkan dari nilai *loading standardized* (λ_i). Tabel 4.12 menunjukkan nilai *loading standardized* dan *error measurement* yang diperoleh dari hasil analisis variabel laten DI.

Tabel 4.1. Estimasi Parameter *Second Order CFA* Dimodifikasi

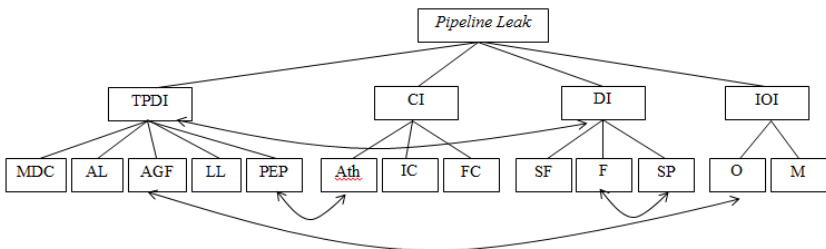
| Variabel Indikator | Nilai Loading Standardized (λ_i) |
|---------------------------|--|
| TPDI <--- Pipeline_Leak | 0,427 |
| DI <--- Pipeline_Leak | 0,335 |
| CI <--- Pipeline_Leak | 0,308 |
| IOI <--- Pipeline_Leak | 1,325 |
| MDC <--- TPDI | 0,202 |
| AGF <--- TPDI | 0,607 |
| LL <--- TPDI | 0,808 |
| PEP <--- TPDI | 0,525 |
| ROW <--- TPDI | 0,578 |
| Ath <--- DI | 0,464 |
| IC <--- DI | 0,741 |
| FC <--- DI | 0,918 |
| SF <--- CI | 1,754 |
| F <--- CI | 0,089 |
| SP <--- CI | 0,204 |
| O <--- IOI | 0,946 |
| M <--- IOI | 0,979 |

Dari Tabel 4.12 dapat dijelaskan bahwa kontribusi variabel TPDI dalam mengukur variabel laten *Pipeline Leak* adalah sebesar 0,427 atau 42,7 persen. Kontribusi variabel MDC dalam mengukur variabel TPDI sebesar 20,2 persen. Variabel Ath memiliki kontribusi sebesar 46,4 persen dalam mengukur variabel DI. Variabel Ath memiliki kontribusi sebesar 175,4 persen dalam mengukur variabel CI. Variabel O memiliki kontribusi sebesar 94,6 persen dalam mengukur variabel IOI.

4.2 Pengukuran dan Evaluasi Risiko dengan ANP

Setelah dilakukan identifikasi, langkah berikutnya dalam manajemen risiko adalah pengukuran dan evaluasi risiko. Dalam penelitian ini, tahap tersebut dilakukan dengan menghitung bobot faktor penyebab kebocoran *pipeline* untuk mengetahui tingkat urgensi dari masing-masing faktor terhadap kasus kebocoran *pipeline* pada objek penelitian, yaitu *pipeline* 18” pada jalur Attaka-Tanjung Santan. Metode yang digunakan dalam perhitungan bobot pada kasus ini adalah *Analytical Network Process* (ANP). Metode ini digunakan karena timbul dugaan adanya *inner* dan *outerdependence* pada variabel. Berdasarkan informasi dari *expert judgement*, diduga ada hubungan antara variabel F dengan SP, AGF dengan O, PEP dengan Ath, dan TPDI dengan DI pada faktor yang berpengaruh pada kebocoran *pipeline*.

Sebelum melakukan analisis dengan ANP, diperlukan struktur hierarki yang akan digunakan dalam pembobotan faktor. Kriteria dari penyebab kebocoran *pipeline* terdiri dari TPDI, CI<,DI, dan IOI. Subkriteria dari TPDI terdiri dari MDC, AL, AGF, LL, PEP, Ath, IC, dan FC. CI memiliki subkriteria Ath, IC, dan FC. DI memiliki subkriteria SF, F, dan SP. IOI memiliki subkriteria O dan M. Berikut merupakan struktur hierarki yang terbentuk.



Gambar 4.9 Struktur Hierarki ANP

Data yang digunakan merupakan matriks perbandingan berpasangan dengan skala Saaty 1-9 yang diperoleh dari wawancara kepada 4 orang *expert judgement*. Berikut merupakan kolom matriks dari kriteria yang digunakan dalam penelitian berikut.

Tabel 4.13 Matriks Perbandingan Berpasangan pada Kriteria

| Kriteria | TPDI | CI | DI | IOI |
|----------|------|-----|-----|-----|
| TPDI | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| CI | 5 | 1 | 1 | 1 |
| DI | 5 | 1 | 1 | 1 |
| IOI | 5 | 1 | 1 | 1 |

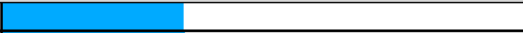

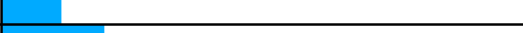

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa kriteria TPDI 0,2 kali lebih penting daripada kriteria atau dapat dikatakan kriteria CI 5 kali lebih penting daripada kriteria TPDI. Kriteria DI 5 kali lebih penting daripada kriteria TPDI. Sementara kriteria IOI 5 kali lebih penting daripada kriteria TPDI. Matriks perbandingan berpasangan seperti pada Tabel 4.13 juga digunakan untuk mengukur tiap subkriteria dari masing-masing kriteria. Seperti pada kriteria TPDI yang digambarkan dalam tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14. Matriks Perbandingan Berpasangan pada TPDI

| Subcriteria | MDC | AGF | LL | PEP | ROW |
|-------------|----------|-----|----|-----|----------|
| MDC | 1 | 0,2 | 1 | 3 | 0,2 |
| AGF | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| LL | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,333333 |
| PEP | 0,333333 | 1 | 1 | 1 | 0,333333 |
| ROW | 5 | 1 | 3 | 3 | 1 |

Dalam perhitungan bobot faktor dengan metode ANP, perlu ditentukan apakah pendapat dari *expert judgement* dalam menilai faktor-faktor yang mempengaruhi kebocoran *pipeline* konsisten atau tidak dengan menggunakan *nilai consistency ratio*. Apabila nilai *consistency ratio* $\leq 0,10$, maka faktor dikatakan konsisten. Dalam penelitian ini, perhitungan bobot faktor diolah dengan bantuan *software* SuperDecision. Hasil dari analisis bobot faktor kebocoran *pipeline* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.15 Bobot ANP pada Kriteria

| Inconsistency: 0.06239 | | |
|------------------------|---|---------|
| CI |  | 0.34612 |
| DI |  | 0.34719 |
| IOI |  | 0.11255 |
| TPDI |  | 0.19414 |

Analisis bobot tiap faktor dengan menggunakan ANP menunjukkan nilai *consistency ratio* sebesar 0,06239. Nilai tersebut kurang dari 0,10 sehingga faktor penyebab kebocoran *pipeline* konsisten. Pada Tabel 4.15 juga terlihat bobot yang terbentuk dari masing-masing faktor, dimana faktor TPDI memiliki bobot sebesar 0,19414. Sementara faktor DI memiliki kontribusi sebesar 0,34719. Faktor CI memiliki bobot sebesar 0,34612, sedangkan bobot faktor IOI sebesar 0,11255. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa faktor DI memiliki pengaruh yang paling besar dalam menentukan kebocoran *pipeline*.

Faktor TPDI memiliki 5 sub-faktor antara lain AGF, LL, MDC, PEP, dan ROW. Dari hasil analisis dengan metode ANP diperoleh nilai *consistency ratio* sebesar 0,02302. Karena nilai tersebut kurang dari 0,10 sehingga sub-faktor pembentuk faktor TPDI konsisten. Hasil olahan ANP pada faktor TPDI adalah sebagai berikut.

Tabel 4.16 Bobot ANP pada Faktor TPDI

| Inconsistency: 0.02302 | | |
|------------------------|-------------|---------|
| AGF | <div></div> | 0.14594 |
| LL | <div></div> | 0.23383 |
| MDC | <div></div> | 0.22992 |
| PEP | <div></div> | 0.13017 |
| ROW | <div></div> | 0.26014 |

Pada Tabel 4.16 juga terlihat bobot yang terbentuk dari masing-masing sub-faktor, dimana sub-faktor AGF memiliki bobot sebesar 0,14594. Sementara faktor LL memiliki kontribusi sebesar 0,23383. Sub-faktor MDC memiliki bobot sebesar 0,22992, bobot sub-faktor PEP sebesar 0,13017, sedangkan bobot sub-faktor ROW sebesar 0,26014. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sub-faktor ROW memiliki pengaruh yang paling besar terhadap faktor TPDI.

Faktor CI memiliki 3 sub-faktor antara lain F, SF, dan SP. Hasil olahan ANP pada faktor TPDI adalah sebagai berikut.

Tabel 4.17 Bobot ANP pada Faktor CI

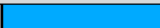


| Inconsistency: 0.04918 | | |
|------------------------|-------------|---------|
| F | <div></div> | 0.47846 |
| SF | <div></div> | 0.31780 |
| SP | <div></div> | 0.20375 |

Analisis bobot tiap faktor dengan menggunakan ANP menunjukkan nilai *consistency ratio* sebesar 0,04918. Nilai tersebut kurang dari 0,10 sehingga faktor penyebab kebocoran *pipeline* konsisten. Pada Tabel 4.17 juga terlihat bobot yang terbentuk dari masing-masing sub-faktor, dimana sub-faktor F memiliki bobot sebesar 0,47846 dalam menyebabkan kebocoran *pipeline*. Sementara sub-faktor SF memiliki kontribusi sebesar 0,31780. Sub-faktor SP memiliki bobot sebesar 0,20375. Dari

hasil ini dapat disimpulkan bahwa sub-faktor F memiliki pengaruh yang paling besar terhadap faktor CI.

Faktor DI memiliki 3 sub-faktor antara lain Ath, FC, dan IC. Dari hasil analisis dengan metode ANP diperoleh nilai *consistency ratio* sebesar 0,09800. Karena nilai tersebut kurang dari 0,10 sehingga sub-faktor pembentuk faktor DI konsisten. Hasil olahan ANP pada faktor DI adalah sebagai berikut.

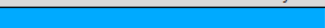

Tabel 4.18 ANP pada Faktor DI

| Inconsistency: 0.09800 | | |
|------------------------|---|---------|
| Ath |  | 0.29418 |
| FC |  | 0.46259 |
| IC |  | 0.24323 |

Pada Tabel 4.18 terlihat bobot yang terbentuk dari masing-masing sub-faktor, dimana sub-faktor Ath memiliki bobot sebesar 0,29418. Sementara sub-faktor FC memiliki kontribusi sebesar 0,46259. Sub-faktor IC memiliki bobot sebesar 0,24323. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sub-faktor FC memiliki pengaruh yang paling besar terhadap faktor DI.

Faktor IOI memiliki 1 sub-faktor antara lain O dan M. Hasil olahan ANP pada faktor IOI adalah sebagai berikut.

Tabel 4.19. ANP pada Faktor IOI

| Inconsistency: 0.00000 | | |
|------------------------|---|---------|
| M |  | 0.60757 |
| O |  | 0.39243 |

Analisis bobot tiap faktor dengan menggunakan ANP menunjukkan nilai *consistency ratio* sebesar 0,0000. Nilai tersebut kurang dari 0,10 sehingga faktor penyebab kebocoran *pipeline* konsisten. Pada Tabel 4.19 juga terlihat bobot yang terbentuk dari masing-masing faktor, dimana sub-faktor M memiliki bobot sebesar 0,60757 dalam menyebabkan kebocoran

pipeline. Sementara sub-faktor O memiliki kontribusi sebesar 0,39234. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sub-faktor M memiliki pengaruh yang besar dalam menentukan penyebab kebocoran *pipeline*. Dengan demikian, evaluasi risiko perlu dilakukan dengan melakukan pembentukan matriks risiko terhadap faktor penyebab kebocoran *pipeline*.

4.2.1 Evaluasi Tingkat Risiko dengan Matriks Risiko

Untuk mengukur tingkat risiko dari *pipeline* 18 inchi jalur Attaka – Tanjung Pinang digunakan matriks risiko. Dalam membuat matriks risiko diperlukan perhitungan *Probability of Failure (PoF)* dan *Consequence of Failure (CoF)*. Nilai *PoF* diperoleh dari perhitungan berikut.

Tabel 4.20 Perhitungan *PoF*

| Variabel | Bobot Faktor | Bobot Sub-faktor | Bobot Global | Rating | Score | PoF |
|----------|--------------|------------------|--------------|--------|----------|----------|
| MDC | 0,19414 | 0,22992 | 0,04463667 | 3,53 | 0,157716 | 3,339051 |
| AGF | | 0,14594 | 0,02833279 | 3,30 | 0,093498 | |
| LL | | 0,23383 | 0,04539576 | 3,53 | 0,160398 | |
| PEP | | 0,13017 | 0,0252712 | 3,43 | 0,086764 | |
| ROW | | 0,26014 | 0,05050358 | 2,53 | 0,127942 | |
| Ath | 0,34612 | 0,3178 | 0,10999694 | 3,17 | 0,348324 | |
| IC | | 0,47846 | 0,16560458 | 3,50 | 0,579616 | |
| FC | | 0,20375 | 0,07052195 | 3,53 | 0,249178 | |
| SF | 0,34719 | 0,29418 | 0,10213635 | 2,70 | 0,275768 | |
| F | | 0,24323 | 0,08444702 | 2,93 | 0,247711 | |
| SP | | 0,46259 | 0,16060662 | 3,87 | 0,621012 | |
| O | 0,11255 | 0,39243 | 0,044168 | 3,33 | 0,147227 | |
| M | | 0,60757 | 0,068382 | 3,57 | 0,243896 | |

Nilai *PoF* merupakan penjumlahan dari *score*, dimana *score* didapatkan dari perkalian bobot global dengan *rating*. Bpbpt global diperoleh dari perkalian bobot faktor dengan bobot sub-faktor, sedangkan nilai *rating* merupakan rata-rata dari skala penilaian kondisi *pipeline* berdasarkan variabel dengan skala likert 1-5. Hasil perhitungan dalam Tabel 4.20 menunjukkan bahwa nilai *PoF* sebesar 13,39856. Sedangkan nilai *CoF* diperoleh dengan melakukan survei dengan *expert judgement* disesuaikan dengan kondisi data di lapangan. Pada penelitian ini, *CoF* diperoleh dari 4 variabel, yaitu keselamatan kerja (*safety*), kesehatan (*health*), lingkungan (*environment*), dan kekayaan (*assets*). Dari hasil observasi data, diperoleh hasil sebagai berikut.

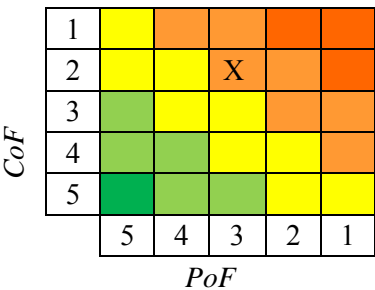
Tabel 4.21 Perhitungan *CoF*

| Variabel | Bobot | <i>Rating</i> | <i>Score</i> | <i>CoF</i> |
|--------------------|--------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| <i>Safety</i> | 0,25 | 2 | 0,5 | 2 |
| <i>Health</i> | 0,25 | 2 | 0,5 | |
| <i>Environment</i> | 0,25 | 2 | 0,5 | |
| <i>Assets</i> | 0,25 | 2 | 0,5 | |

Dari Tabel 4.21, hasil perhitungan *CoF* berdasarkan perkalian bobot dengan *rating* diperoleh penjumlahan *score* sebesar 2. Langkah selanjutnya adalah membuat matriks risiko. Matriks risiko merupakan matriks perkalian *PoF* dan *CoF* yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.

Gambar 4.10 menunjukkan matriks risiko yang terbentuk dari nilai *PoF* dan *CoF*. Dari matriks risiko tersebut terlihat bahwa *pipeline* 18 inchi jalur Attaka – Tanjung Santan berada pada kondisi berisiko sedang. Karena *pipeline* berada pada

kondisi sedang, maka perlu dilakukan penentuan strategi pemeliharaan yang tepat berdasarkan analisis biaya.



Gambar 4.10 Matriks Risiko

4.3 Pengelolaan Risiko dengan RBI

Setelah diketahui tingkat risiko dari *pipeline*, kemudian dilakukan pengelolaan risiko, yaitu penentuan strategi pemeliharaan *pipeline*. Untuk menentukan strategi pemeliharaan *pipeline* digunakan metode *Risk Based Inspection* (RBI). Adapun beberapa strategi yang dapat dilakukan untuk menangani permasalahan pada objek penelitian adalah upaya perbaikan setelah terjadi kerusakan dan pemeliharaan. Berikut merupakan analisis biaya apabila upaya perbaikan hanya dilakukan saat terjadi kerusakan dengan akumulasi waktu perbaikan 5 hari.

Tabel 4.22 Analisis Biaya Upaya Perbaikan

| Uraian | Biaya | Total Biaya |
|--|-------------|-------------|
| Harga 1 material <i>plitco clamp</i> per meter | \$36,000 | \$2,455,925 |
| Sewa <i>Crane Barge</i> | \$75,000 | |
| Mobilisasi dan Peralatan | \$34,375 | |
| Gaji Pekerja per 10 orang | \$185,550 | |
| Kerugian produksi (8500 barrel/hari) × \$50 | \$2,125,000 | |

Berdasarkan bobot yang diperoleh dengan metode ANP didapatkan bobot terbesar dalam menentukan kebocoran *pipeline* adalah *internal corrosion* (IC). Dengan demikian, perusahaan memilih strategi pemeliharaan berdasarkan faktor *internal corrosion*. Berdasarkan API RBI 580, strategi yang tepat untuk menangani permasalahan kebocoran *pipeline* yang disebabkan oleh faktor *internal corrosion* adalah dengan melakukan *intelligent pigging*, *pigging*, *injection chemical inhibitor*. Dan *injection chemical biocide*. Berikut merupakan analisis biaya dari penerapan upaya beberapa strategi pemeliharaan *pipeline* tersebut.

Tabel 4.23 Analisis Biaya Strategi Pemeliharaan

| Jenis Upaya | Waktu | Biaya/tahun |
|---|---|-------------|
| <i>Intelligent Pigging</i> | 5 tahun sekali | \$30,000 |
| <i>Pigging</i> | 1 minggu sekali (52 kali/tahun) \times \$1,200 | \$62,400 |
| <i>Injection Chemical Corossion Inhibitor</i> | 20 galon/hari \times \$6,4 per galon | \$46,720 |
| <i>Injection Chemical Biocide</i> | 110 galon/minggu \times \$10,7 per galon | \$18,550 |
| Total Biaya | | \$157,670 |

Jika dalam setiap 5 tahun terjadi kerusakan sebanyak 1 kali, maka biaya yang dikeluarkan adalah \$2,455,925. Sementara, jika dilakukan upaya preventif, maka biaya total yang dikeluarkan adalah sebesar \$788,350. Dalam waktu 40 tahun terakhir, kerusakan yang terjadi pada *pipeline* 18 inchi jalur Attaka – Tanjung Santan adalah 1 kali. Namun dengan usia yang sudah melebihi desain, reliabilitas *pipeline* menjadi semakin kecil sehingga peluang terjadi kerusakan semakin besar.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil analisis manajemen risiko pada *pipeline* berukuran 18 inchi jalur Attaka – Tanjung Santan yang telah dilakukan pada Bab IV adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi risiko dengan menggunakan CFA memberikan hasil bahwa variabel *Minimum Depth Cover*, *Surge Potential*, dan *Fatigue* memiliki kontribusi yang kecil dalam mempengaruhi terjadinya kebocoran *pipeline*. Sementara variabel yang memiliki hubungan dalam mempengaruhi kebocoran *pipeline* adalah AGF dengan O, PEP dengan Ath, F dengan SP, dan TPDI dengan DI.
2. Nilai *PoF* dan *CoF* dari hasil penjumlahan *score* tiap sub-faktor digunakan untuk membentuk matriks risiko. Hasil perkalian nilai *PoF* sebesar 3,339051 dengan *CoF* sebesar 3 digunakan untuk menentukan kondisi *pipeline* pada matriks risiko. Berdasarkan hasil pengukuran dan evaluasi risiko didapatkan bahwa tingkat risiko dari *pipeline* tersebut berada pada kondisi sedang.
3. Pengelolaan risiko dilakukan dengan metode RBI untuk menentukan strategi pemeliharaan *pipeline*. Biaya yang harus dikeluarkan apabila terjadi kebocoran *pipeline* tanpa dilakukan upaya preventif adalah sebesar \$2,455,925, sedangkan upaya preventif yang dilakukan per tahun membutuhkan biaya sebesar \$157,670. Jika dalam setiap 5 tahun terjadi kerusakan sebanyak 1 kali, maka biaya yang dikeluarkan adalah \$2,455,925. Sementara, biaya total jika dilakukan upaya preventif adalah sebesar \$788,350.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan sampel sebanyak 100 – 200 responden untuk mendapatkan hasil yang lebih baik karena keakuratan hasil *Confirmatory Factor Analysis* dengan estimasi parameter menggunakan *Maximum Likelihood* akan mendapatkan hasil yang baik dan tidak bias pada jumlah sampel tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute. 2002. *Risk Based Inspection API RP 580, 1st edition*.
- Bollen, K. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Brown, T. A. (2006). *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research*. New York: The Guilford Press.
- Darmapala dan Singgih, Moses L. 2012. *Risk Based Maintenance (RBM) untuk Natural Gas Pipeline pada Perusahaan X dengan Menggunakan Metode Kombinasi AHP-Index Model*. Surabaya : ITS.
- Dawotula, A W, Gelder, P H A J M dan J.K. Vrijling, J K. 2010. *Multi Criteria Decision Analysis framework for risk management of oil and gas pipelines, Reliability, Risk and Safety – Ale, Papazoglou & Zio (eds)*, Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-60427-7.
- Fuad, & Ghazali, I. (2005). *Structural Equation Modeling : Teori, Konsep, dan Aplikasi dengan Program Lisrel 8.5*. Semarang: Badan Penerbit - Undip.
- Ghazali, I. (2008). *Model Persamaan Struktural Konsep dan Aplikasi dengan Program Amos 16*. Semarang: Badan Penerbit - Undip.
- Hair, J. F., Black, W. C., Anderson, R. E., & Babn, B. J. (2010). *Multivariate Data Analysis* (Seventh ed.). Upper Saddle River New Jersey: Prentice Hall.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (Sixth ed.). United States of America: Pearson Education, Inc.
- Joreskog, K. G., & Sorborn, D. (1984). *Lisrel 8: Structural Equation Modelling with The Simplis Command Language*. Chicago: SSI, Inc.
- Kalatpoor, O., Goshtasp, K, dan Khavaji, S. 2011. *Health, safety and environment risk of a gas pipeline in an exploring*

- area of Gachsaran, Journal of Industrial Health*, Vol. 49, page 209-214.
- Khan, F dan Haddara, M. 2005. *Development of a risk-based maintenance (RBM) strategy for a power-generating plant, Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, no. 18, page 69–81.
- Muhlbauer, W.K. 2004. *Pipeline risk management manual, 3rd edition, Elsevier Inc. (Gulf professional publishing as an imprint of Elsevier).*
- Pos Institute Of Pro Otonomi Tahun 2011. Surabaya: Digilib ITS.
- Saaty, TL. 2002. *The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: Applications to Decisions under Risk*. European Journal of Pure and Applied Mathematics, vol 1 no 1, page 122-196.
- Santoso, dkk. 2010. *Pembuatan Aplikasi Sistem Seleksi Calon Pegawai Menggunakan Metode Analytical Network Process (ANP) di PT. X*. Surabaya : Universitas Kristen Petra.
- Shifiq, N. dan Silvianita. 2010. *Prioritizing the pipeline maintenance approach using Analytical Hierarchical Process*. Journal of Praise Worthy Prize vol 4, no. 3, page 346-352.
- Stevens, J. P. (2002). *Applied Multivariate Statistics for The Social Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publisher.
- Thompson, B. (2004). *Exploratory and Confirmatory Factor Analysis*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Wijanto, S. H. (2008). *Structural Equation Modeling dengan Lisrel 8.8*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

LAMPIRAN 1. Kuesioner

| | |
|---------------|--|
| No. Kuesioner | |
|---------------|--|

KUESIONER ***RISK BASED INSPECTION* UNTUK *PIPELINE* PADA PT.X** **DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ANALYTICAL*** ***NETWORK PROCESS* (ANP)**

Survei dilakukan sebagai bagian dari proses pengambilan data untuk mengukur tingkat risiko pada *pipeline* yang dikendalikan dengan menggunakan beberapa faktor. Objek dalam penelitian ini adalah *pipeline* berukuran 18 inch yang berada pada jalur Attaka – Tanjung Santan. Beberapa faktor penyebab kebocoran *pipeline* didasarkan pada teori Kent Muhlbauer (2004) pada buku *Pipeline Risk Assesment Manual* yang kemudian diboboti menggunakan metode *Analytical Network Process* (ANP). Metode ANP dikembangkan oleh Saaty (2000) dengan menggunakan perbandingan berpasangan untuk menentukan bobot dari setiap criteria dan subcriteria. Bobot dari setiap criteria digunakan untuk menganalisis risiko dari kondisi *pipeline* guna merancang strategi pemeliharaan *pipeline* menggunakan *risk based inspection*.

Objektivitas pendapat dari *expert judgement* sangat menentukan hasil dari penelitian ini. Oleh sebab itu, pengisian harap dilakukan dengan sebenar-benarnya untuk mendapatkan hasil yang optimal. Terima kasih atas waktu dan bantuan yang Bapak/Ibu berikan untuk pengisian kuesioner ini.

Hormat saya,
Whilda Kamila Sari
Mahasiswa Jurusan Statistika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya
Hp: 085735177711
Email : whildakamila@gmail.com

A. IDENTITAS RESPONDEN

Nama responden :
Posisi :
Lama bekerja :
Usia :
Riwayat pendidikan :
1. Jurusan : 2. Universitas :

PERTANYAAN

B.1. RATING FACTOR CRITERIA dan SUBCRITERIA

Petunjuk pengisian pada kolom criteria dan subcriteria :

Cara pengisian dilakukan dengan menyilang pada salah satu *score*. Berilah tanda silang pada angka 1-9 yang tersedia dengan keterangan tiap skala yang didasarkan pada tingkat kepentingan berdasarkan skala Saaty (2000) berikut.

| Tingkat Kepentingan | Keterangan |
|---------------------|---|
| 1 | Kedua elemen sama pentingnya (<i>equally importance</i>) |
| 3 | Sedikit lebih penting (<i>slightly more importance</i>) |
| 5 | Lebih penting (<i>materially more importance</i>) |
| 7 | Sangat lebih penting (<i>significantly more importance</i>) |
| 9 | Mutlak lebih penting (<i>absolute importance</i>) |
| 2,4,6,8 | Nilai tengah (<i>compromise values</i>) |

Contoh pengisian :

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------|
| Third Party Damage Index | 1 | 2 | 3 | ✕ | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Corossion Index |
|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------|

Artinya, faktor Third Party Damage Index empat kali lebih penting daripada faktor Corossion Index dalam proses pemeliharaan *pipeline*.

Pertanyaan :

| CRITERIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------|--|
| Third Party Damage Index | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Corossion Index | |
| Third Party Damage Index | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Design Index | |
| Third Party Damage Index | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Incorrect Operation Index | |
| Corossion Index | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Design Index | |
| Corossion Index | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Incorrect Operation Index | |
| Design Index | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Incorrect Operation Index | |

| SUBCRITERIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------|--|
| THIRD PARTY DAMAGE INDEX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Minimum Depth of Cover | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Activity Level | |
| Minimum Depth of Cover | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Above Ground Facilities | |
| Minimum Depth of Cover | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Line Locating | |
| Minimum Depth of Cover | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Public Education Program | |
| Minimum Depth of Cover | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ROW Condition | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------|
| Minimum Depth of Cover | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Patrol Frequency |
| Activity Level | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Above Ground Facilities |
| Activity Level | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Line Locating |
| Activity Level | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Public Education Program |
| Activity Level | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ROW Condition |
| Activity Level | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Patrol Frequency |
| Above Ground Facilities | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Line Locating |
| Above Ground Facilities | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Public Education Program |
| Above Ground Facilities | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ROW Condition |
| Above Ground Facilities | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Patrol Frequency |
| Line Locating | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Public Education Program |
| Line Locating | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ROW Condition |
| Line Locating | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Patrol Frequency |
| Public Education Program | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | ROW Condition |
| Public Education Program | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Patrol Frequency |
| ROW Condition | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Patrol Frequency |

| CORROSION INDEX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------|--|
| Atmospheric | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Internal Corossion | |
| Atmospheric | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Fluid Characteristic | |
| Internal Corossion | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Fluid Characteristic | |
| DESIGN INDEX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Safety Factor | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Fatigue | |
| Safety Factor | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Surge Potential | |
| Safety Factor | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Integrity Verification | |
| Safety Factor | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Land Movement | |
| Fatigue | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Surge Potential | |
| Fatigue | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Integrity Verification | |
| Fatigue | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Land Movement | |
| Surge Potential | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Integrity Verification | |
| Surge Potential | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Land Movement | |
| Integrity Verification | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Land Movement | |
| INCORRECT OPERATION INDEX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Operation | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Maintenance | |

B.2. KONDISI CRITERIA dan SUBCRITERIA

Petunjuk pengisian :

Berilah tanda centang pada kolom kondisi untuk mengetahui kondisi tiap faktor apakah berada pada kondisi sangat kurang baik/kurang baik/cukup/baik/sangat baik.

Contoh pengisian :

| | | | | | |
|------------------------|--|--|--|---|--|
| Minimum Depth of Cover | | | | √ | |
|------------------------|--|--|--|---|--|

Artinya, faktor minimum depth of cover berada pada kondisi baik.

Pertanyaan :

| Factors dan Subfactors | Kondisi | | | | |
|---------------------------------|--------------------|-------------|-------|------|-------------|
| | Sangat Kurang Baik | Kurang Baik | Cukup | Baik | Sangat Baik |
| Third Party Damage Index | | | | | |
| Minimum Depth of Cover | | | | | |
| Activity Level | | | | | |
| Above Ground Facilities | | | | | |
| Line Locating | | | | | |
| Public Education Program | | | | | |
| ROW Condition | | | | | |
| Patrol Frequency | | | | | |
| Corrosion Index | | | | | |
| Atmospheric | | | | | |
| Internal Corossion | | | | | |
| Fluid Characteristic | | | | | |
| Design Index | | | | | |
| Safety Factor | | | | | |
| Fatigue | | | | | |
| Surge Potential | | | | | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| Integrity Verification | | | | | |
| Land Movement | | | | | |
| Incorrect Operation Index | | | | | |
| Operation | | | | | |
| Maintenance | | | | | |

LAMPIRAN 2. Output Analisis

Syntax Macro Minitab Uji Normal Multivariat

```
macro
qq x.1-x.p
mconstant i n p t chis
mcolumn d x.1-x.p dd pi q ss tt
mmatrix s sinv ma mb mc md
let n=count(x.1)
cova x.1-x.p s
invert s sinv
do i=1:p
  let x.i=x.i-mean(x.i)
enddo
do i=1:n
  copy x.1-x.p ma;
  use i.
  transpose ma mb
  multiply ma sinv mc
  multiply mc mb md
  copy md tt
  let t=tt(1)
  let d(i)=t
enddo
set pi
  1:n
end
let pi=(pi-0.5)/n
sort d dd
invcdf pi q;
chis p.
plot q*dd
invcdf 0.5 chis;
chis p.
let ss=dd<chis
let t=sum(ss)/n
```



```

print t dd q
if t>0.5
    note distribusi data multinormal
endif
if t<=0.5
    note distribusi data bukan multinormal
endif
endmacro

```

Output Uji Normal Multivariat dengan Koefisien Korelasi

Variabel TPDI

| Baris ke- | D_i^2 | q | chi |
|-----------|---------|----------|----------|
| 1 | 1.2869 | 0.016667 | 0.693319 |
| 2 | 1.2869 | 0.05 | 1.145476 |
| 3 | 1.2869 | 0.083333 | 1.468582 |
| 4 | 1.3387 | 0.116667 | 1.743822 |
| 5 | 2.3195 | 0.15 | 1.993816 |
| 6 | 2.4428 | 0.183333 | 2.22879 |
| 7 | 2.4428 | 0.216667 | 2.454487 |
| 8 | 2.7412 | 0.25 | 2.674603 |
| 9 | 2.7464 | 0.283333 | 2.891774 |
| 10 | 2.9856 | 0.316667 | 3.108041 |
| 11 | 2.9856 | 0.35 | 3.325107 |
| 12 | 2.9856 | 0.383333 | 3.54449 |
| 13 | 3.0744 | 0.416667 | 3.767625 |
| 14 | 3.2141 | 0.45 | 3.995944 |
| 15 | 3.5323 | 0.483333 | 4.230948 |
| 16 | 3.6802 | 0.516667 | 4.47427 |
| 17 | 3.6802 | 0.55 | 4.727757 |
| 18 | 4.2296 | 0.583333 | 4.99356 |
| 19 | 4.2296 | 0.616667 | 5.274266 |

| Baris ke- | D_i^2 | q | chi |
|-----------|---------|----------|----------|
| 20 | 4.8009 | 0.65 | 5.57307 |
| 21 | 4.9973 | 0.683333 | 5.894036 |
| 22 | 6.0831 | 0.716667 | 6.242493 |
| 23 | 6.2965 | 0.75 | 6.62568 |
| 24 | 7.7161 | 0.783333 | 7.053843 |
| 25 | 8.4718 | 0.816667 | 7.542245 |
| 26 | 8.865 | 0.85 | 8.115199 |
| 27 | 9.3621 | 0.883333 | 8.815188 |
| 28 | 10.0982 | 0.916667 | 9.727555 |
| 29 | 10.2589 | 0.95 | 11.0705 |
| 30 | 15.5606 | 0.983333 | 13.83877 |

Variabel DI

| Baris ke- | D_i^2 | q | chi |
|-----------|---------|----------|----------|
| 1 | 0.78663 | 0.016667 | 0.162971 |
| 2 | 0.78663 | 0.05 | 0.351846 |
| 3 | 0.78663 | 0.083333 | 0.510101 |
| 4 | 0.78663 | 0.116667 | 0.656721 |
| 5 | 0.82528 | 0.15 | 0.797771 |
| 6 | 0.82528 | 0.183333 | 0.936273 |
| 7 | 0.82528 | 0.216667 | 1.074086 |
| 8 | 0.82528 | 0.25 | 1.212533 |
| 9 | 1.43278 | 0.283333 | 1.352666 |
| 10 | 2.08071 | 0.316667 | 1.495396 |
| 11 | 2.08071 | 0.35 | 1.641576 |
| 12 | 2.11486 | 0.383333 | 1.792049 |
| 13 | 2.11486 | 0.416667 | 1.947696 |
| 14 | 2.7008 | 0.45 | 2.109467 |
| 15 | 2.7008 | 0.483333 | 2.278425 |

| Baris ke- | D_i^2 | q | chi |
|-----------|---------|----------|----------|
| 16 | 2.7008 | 0.516667 | 2.455793 |
| 17 | 2.7008 | 0.55 | 2.643005 |
| 18 | 2.7008 | 0.583333 | 2.84179 |
| 19 | 2.98208 | 0.616667 | 3.05427 |
| 20 | 2.98208 | 0.65 | 3.283112 |
| 21 | 3.12137 | 0.683333 | 3.531757 |
| 22 | 3.12137 | 0.716667 | 3.804757 |
| 23 | 3.12137 | 0.75 | 4.108345 |
| 24 | 3.12137 | 0.783333 | 4.451398 |
| 25 | 3.9131 | 0.816667 | 4.847208 |
| 26 | 4.46668 | 0.85 | 5.317048 |
| 27 | 4.74976 | 0.883333 | 5.898255 |
| 28 | 7.61651 | 0.916667 | 6.666203 |
| 29 | 8.46844 | 0.95 | 7.814728 |
| 30 | 9.56032 | 0.983333 | 10.23552 |

Variabel CI

| Baris ke- | D_j^2 | q | chi |
|-----------|---------|----------|----------|
| 1 | 1.31579 | 0.016667 | 0.162971 |
| 2 | 1.31579 | 0.05 | 0.351846 |
| 3 | 1.31579 | 0.083333 | 0.510101 |
| 4 | 1.31579 | 0.116667 | 0.656721 |
| 5 | 1.31579 | 0.15 | 0.797771 |
| 6 | 1.31579 | 0.183333 | 0.936273 |
| 7 | 1.31579 | 0.216667 | 1.074086 |
| 8 | 1.31579 | 0.25 | 1.212533 |
| 9 | 1.31579 | 0.283333 | 1.352666 |
| 10 | 1.31579 | 0.316667 | 1.495396 |
| 11 | 1.31579 | 0.35 | 1.641576 |

| Baris ke- | Dj ² | q | chi |
|-----------|-----------------|----------|----------|
| 12 | 1.46894 | 0.383333 | 1.792049 |
| 13 | 1.46894 | 0.416667 | 1.947696 |
| 14 | 1.86417 | 0.45 | 2.109467 |
| 15 | 1.86417 | 0.483333 | 2.278425 |
| 16 | 1.86417 | 0.516667 | 2.455793 |
| 17 | 1.86417 | 0.55 | 2.643005 |
| 18 | 1.86417 | 0.583333 | 2.84179 |
| 19 | 1.86417 | 0.616667 | 3.05427 |
| 20 | 3.96383 | 0.65 | 3.283112 |
| 21 | 3.96383 | 0.683333 | 3.531757 |
| 22 | 4.1812 | 0.716667 | 3.804757 |
| 23 | 4.1812 | 0.75 | 4.108345 |
| 24 | 4.1812 | 0.783333 | 4.451398 |
| 25 | 4.1812 | 0.816667 | 4.847208 |
| 26 | 4.97166 | 0.85 | 5.317048 |
| 27 | 6.82924 | 0.883333 | 5.898255 |
| 28 | 6.82924 | 0.916667 | 6.666203 |
| 29 | 7.38257 | 0.95 | 7.814728 |
| 30 | 7.73827 | 0.983333 | 10.23552 |

Variabel IOI

| Baris ke- | Dj ² | q | chi |
|-----------|-----------------|----------|----------|
| 1 | 0.39271 | 0.016667 | 0.033614 |
| 2 | 0.39271 | 0.05 | 0.102587 |
| 3 | 0.39271 | 0.083333 | 0.174023 |
| 4 | 0.39271 | 0.116667 | 0.248105 |
| 5 | 0.39271 | 0.15 | 0.325038 |
| 6 | 0.39271 | 0.183333 | 0.405049 |
| 7 | 0.39271 | 0.216667 | 0.488394 |

| Baris ke- | Dj ² | q | chi |
|-----------|-----------------|----------|----------|
| 8 | 0.39271 | 0.25 | 0.575364 |
| 9 | 0.39271 | 0.283333 | 0.666289 |
| 10 | 0.39271 | 0.316667 | 0.761545 |
| 11 | 0.39271 | 0.35 | 0.861566 |
| 12 | 0.39271 | 0.383333 | 0.966853 |
| 13 | 0.39271 | 0.416667 | 1.077993 |
| 14 | 0.39271 | 0.45 | 1.195674 |
| 15 | 0.39271 | 0.483333 | 1.320715 |
| 16 | 0.39271 | 0.516667 | 1.454097 |
| 17 | 0.39271 | 0.55 | 1.597015 |
| 18 | 0.39271 | 0.583333 | 1.750937 |
| 19 | 0.39271 | 0.616667 | 1.917701 |
| 20 | 0.39271 | 0.65 | 2.099644 |
| 21 | 3.86667 | 0.683333 | 2.299811 |
| 22 | 3.86667 | 0.716667 | 2.522262 |
| 23 | 3.86667 | 0.75 | 2.772589 |
| 24 | 3.86667 | 0.783333 | 3.05879 |
| 25 | 4.01771 | 0.816667 | 3.392899 |
| 26 | 4.01771 | 0.85 | 3.79424 |
| 27 | 4.01771 | 0.883333 | 4.296869 |
| 28 | 4.01771 | 0.916667 | 4.969813 |
| 29 | 9.30417 | 0.95 | 5.991465 |
| 30 | 9.30417 | 0.983333 | 8.188689 |

First Order CFA

Variabel TPDI

Number of variables in your model: 11
Number of observed variables: 5
Number of unobserved variables: 6
Number of exogenous variables: 6
Number of endogenous variables: 5

| | Weig hts | Covarian ces | Varian ces | Mea ns | Interce pts | Tot al |
|---------------|-------------|-----------------|---------------|-----------|----------------|-----------|
| Fixed | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| Labele d | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Unlabe led | 4 | 0 | 6 | 0 | 0 | 10 |
| Total | 10 | 0 | 6 | 0 | 0 | 16 |

Number of distinct sample moments: 15
Number of distinct parameters to be estimated: 10
Degrees of freedom (15 - 10): 5

Estimates (Group number 1 - Default model)

Scalar Estimates (Group number 1 - Default model)

Maximum Likelihood Estimates

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

| | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|---------------|----------|-------|------|------|-------|
| MDC <--- TPDI | 1.000 | | | | |
| AGF <--- TPDI | 3.528 | 3.661 | .964 | .335 | |

| | | | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|-----|------|------|----------|-------|------|------|-------|
| LL | <--- | TPDI | 5.685 | 5.887 | .966 | .334 | |
| PEP | <--- | TPDI | 3.925 | 4.142 | .948 | .343 | |
| ROW | <--- | TPDI | 3.215 | 3.459 | .929 | .353 | |

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

| | | | Estimate |
|-----|------|------|----------|
| MDC | <--- | TPDI | .197 |
| AGF | <--- | TPDI | .598 |
| LL | <--- | TPDI | .909 |
| PEP | <--- | TPDI | .518 |
| ROW | <--- | TPDI | .455 |

Variances: (Group number 1 - Default model)

| | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|------|----------|------|-------|------|-------|
| TPDI | .015 | .030 | .493 | .622 | |
| e1 | .367 | .097 | 3.781 | *** | |
| e2 | .331 | .106 | 3.140 | .002 | |
| e3 | .101 | .149 | .675 | .500 | |
| e4 | .621 | .181 | 3.432 | *** | |
| e5 | .586 | .164 | 3.569 | *** | |

| | | |
|--|------|------------|
| | M.I. | Par Change |
|--|------|------------|

| | | |
|--|------|------------|
| | M.I. | Par Change |
|--|------|------------|

| | | |
|--|------|------------|
| | M.I. | Par Change |
|--|------|------------|

| Iteration | | Negative eigen values | Condition # | Smallest eigen value | Diameter | F | NTries | Ratio |
|-----------|---|-----------------------|-------------|----------------------|----------|--------|--------|----------|
| 0 | e | 2 | | -.242 | 9999.000 | 29.789 | 0 | 9999.000 |
| 1 | e | 1 | | -.027 | 1.136 | 16.629 | 21 | .546 |
| 2 | e | 0 | 16.353 | | .681 | 9.488 | 4 | .842 |
| 3 | e | 0 | 285.375 | | 1.240 | 8.322 | 1 | .251 |
| 4 | e | 0 | 273.746 | | .438 | 4.292 | 1 | 1.187 |
| 5 | e | 0 | 911.842 | | .571 | 3.232 | 1 | 1.150 |
| 6 | e | 0 | 3375.897 | | .487 | 2.811 | 1 | 1.257 |
| 7 | e | 0 | 7118.480 | | .734 | 2.681 | 1 | .767 |
| 8 | e | 0 | 29990.295 | | .376 | 2.523 | 1 | 1.124 |
| 9 | e | 0 | 33155.466 | | .742 | 2.515 | 1 | .185 |
| 10 | e | 0 | 14902.1231 | | .231 | 2.457 | 1 | 1.049 |
| 11 | e | 0 | 16953.2691 | | .379 | 2.452 | 1 | .874 |
| 12 | e | 0 | 33722.8829 | | .081 | 2.450 | 1 | 1.039 |
| 13 | e | 0 | 34705.2690 | | .051 | 2.450 | 1 | 1.017 |

| Iteration | Negative eigen values | Condition # | Smallest eigen value | Diameter | F | NTries | Ratio |
|-----------|-----------------------|----------------|----------------------|----------|-----------|--------|-----------|
| 14 | e 0 | 35522 2.259 | | .002 | 2.4 50 | 1 | 1.00 1 |
| 15 | e 0 | 36609 6.737 | | .000 | 2.4 50 | 1 | 1.00 0 |

| Model | NPAR | CMIN | DF | P | CMIN/DF |
|--------------------|------|--------|----|------|---------|
| Default model | 10 | 2.450 | 5 | .784 | .490 |
| Saturated model | 15 | .000 | 0 | | |
| Independence model | 5 | 26.605 | 10 | .003 | 2.660 |

| Model | RMR | GFI | AGFI | PGFI |
|--------------------|------|-------|------|------|
| Default model | .034 | .967 | .902 | .322 |
| Saturated model | .000 | 1.000 | | |
| Independence model | .166 | .705 | .557 | .470 |

| Model | NFI Delta1 | RFI rho1 | IFI Delta2 | TLI rho2 | CFI |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|-------|
| Default model | .908 | .816 | 1.118 | 1.307 | 1.000 |
| Saturated model | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 |
| Independence model | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |

| Model | PRATIO | PNFI | PCFI |
|--------------------|--------|------|------|
| Default model | .500 | .454 | .500 |
| Saturated model | .000 | .000 | .000 |
| Independence model | 1.000 | .000 | .000 |

| Model | NCP | LO 90 | HI 90 |
|-------|-----|-------|-------|
|-------|-----|-------|-------|

| Model | NCP | LO 90 | HI 90 |
|--------------------|--------|-------|--------|
| Default model | .000 | .000 | 4.192 |
| Saturated model | .000 | .000 | .000 |
| Independence model | 16.605 | 4.980 | 35.875 |

| Model | FMIN | F0 | LO 90 | HI 90 |
|--------------------|------|------|-------|-------|
| Default model | .084 | .000 | .000 | .145 |
| Saturated model | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Independence model | .917 | .573 | .172 | 1.237 |

| Model | RMSEA | LO 90 | HI 90 | PCLOSE |
|--------------------|-------|-------|-------|--------|
| Default model | .000 | .000 | .170 | .809 |
| Independence model | .239 | .131 | .352 | .006 |

| Model | AIC | BCC | BIC | CAIC |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| Default model | 22.450 | 27.668 | 36.462 | 46.462 |
| Saturated model | 30.000 | 37.826 | 51.018 | 66.018 |
| Independence model | 36.605 | 39.214 | 43.611 | 48.611 |

| Model | ECVI | LO 90 | HI 90 | MECVI |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Default model | .774 | .862 | 1.007 | .954 |
| Saturated model | 1.034 | 1.034 | 1.034 | 1.304 |
| Independence model | 1.262 | .861 | 1.927 | 1.352 |

| Model | HOELTER | HOELTER |
|--------------------|---------|---------|
| | .05 | .01 |
| Default model | 132 | 179 |
| Independence model | 20 | 26 |

Minimization: .016
Miscellaneous: .155
Bootstrap: .000

Total: .171

Variabel CI

Variable Summary (Group number 1)

Your model contains the following variables (Group number 1)

Observed, endogenous variables

Ath

IC

FC

Unobserved, exogenous variables

CI

e1

e2

e3

Variable counts (Group number 1)

Number of variables in your model: 7

Number of observed variables: 3

Number of unobserved variables: 4

Number of exogenous variables: 4

Number of endogenous variables: 3

| | Weigh ths | Covarian ces | Varian ces | Mea ns | Interce pts | Tot al |
|-----------|--------------|-----------------|---------------|-----------|----------------|-----------|
| Fixed | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Labeled | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Unlabeled | 2 | 0 | 4 | 0 | 0 | 6 |
| Total | 6 | 0 | 4 | 0 | 0 | 10 |
| Variable | min | max | skew | c.r. | kurtosis | c.r. |
| FC | 1.00 0 | 4.00 0 | - .249 | -.556 | -.689 | -.771 |
| IC | 2.00 | 4.00 | .539 | 1.206 | -.998 | - |

| Variable | min | max | ske w | c.r. | kurtosi s | c.r. |
|-------------------------|------|------|----------|-------|--------------|-------|
| Ath Multivariat e | 0 | 0 | | | | 1.116 |
| | 2.00 | 5.00 | - | - | -.148 | -.165 |
| | 0 | 0 | .657 | 1.469 | | |
| | | | | | .131 | .065 |

| Observation number | Mahalanobis d-squared | p1 | p2 |
|--------------------|-----------------------|------|------|
| 4 | 9.890 | .020 | .447 |
| 8 | 8.760 | .033 | .257 |
| 25 | 7.879 | .049 | .177 |
| 16 | 4.914 | .178 | .808 |
| 17 | 4.621 | .202 | .752 |
| 23 | 4.048 | .256 | .819 |
| 5 | 3.229 | .358 | .951 |
| 7 | 3.229 | .358 | .893 |
| 12 | 3.229 | .358 | .800 |
| 26 | 3.229 | .358 | .675 |
| 3 | 3.085 | .379 | .622 |
| 13 | 3.085 | .379 | .473 |
| 2 | 2.794 | .425 | .531 |
| 6 | 2.794 | .425 | .386 |
| 9 | 2.794 | .425 | .256 |
| 21 | 2.794 | .425 | .154 |
| 29 | 2.794 | .425 | .083 |
| 19 | 2.188 | .534 | .297 |
| 30 | 2.188 | .534 | .183 |
| 18 | 2.152 | .541 | .116 |
| 20 | 2.152 | .541 | .058 |
| 28 | 1.482 | .686 | .369 |
| 1 | .854 | .837 | .896 |
| 10 | .854 | .837 | .791 |
| 14 | .854 | .837 | .635 |

| Observation number | Mahalanobis d-squared | p1 | p2 |
|--------------------|-----------------------|------|------|
| 15 | .854 | .837 | .443 |
| 11 | .814 | .846 | .301 |
| 22 | .814 | .846 | .139 |
| 24 | .814 | .846 | .043 |
| 27 | .814 | .846 | .007 |

Number of distinct sample moments: 6

Number of distinct parameters to be estimated: 6

Degrees of freedom (6 - 6): 0

| | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|-------------|----------|-------|-------|------|-------|
| Ath <--- CI | 1.000 | | | | |
| IC <--- CI | 1.755 | .861 | 2.037 | .042 | par_1 |
| FC <--- CI | 4.429 | 4.322 | 1.025 | .306 | par_2 |

| | Estimate |
|-------------|----------|
| Ath <--- CI | .321 |
| IC <--- CI | .549 |
| FC <--- CI | 1.255 |

| | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|----|----------|------|-------|------|-------|
| CI | .053 | .072 | .740 | .459 | par_3 |
| e1 | .462 | .128 | 3.620 | *** | par_4 |
| e2 | .380 | .158 | 2.408 | .016 | par_5 |
| e3 | -.381 | .784 | -.486 | .627 | par_6 |

| | Estimate |
|-----|----------|
| FC | 1.575 |
| IC | .301 |
| Ath | .103 |

| | FC | IC | Ath |
|-----|------|------|------|
| FC | .000 | | |
| IC | .000 | .000 | |
| Ath | .000 | .000 | .000 |
| | FC | IC | Ath |
| FC | .000 | | |

| | | | |
|-----|-------|-------|-------|
| | FC | IC | Ath |
| IC | .000 | .000 | |
| Ath | .000 | .000 | .000 |
| | FC | IC | Ath |
| CI | .519 | -.206 | -.097 |
| | CI | | |
| FC | 4.429 | | |
| IC | 1.755 | | |
| Ath | 1.000 | | |
| | CI | | |
| FC | 1.255 | | |
| IC | .549 | | |
| Ath | .321 | | |
| | CI | | |
| FC | 4.429 | | |
| IC | 1.755 | | |
| Ath | 1.000 | | |
| | CI | | |
| FC | 1.255 | | |
| IC | .549 | | |
| Ath | .321 | | |
| | CI | | |
| FC | .000 | | |
| IC | .000 | | |
| Ath | .000 | | |
| | CI | | |
| FC | .000 | | |
| IC | .000 | | |
| Ath | .000 | | |
| | e3 | | |
| | -.381 | | |

| Iteration | | Negative eigen values | Condition # | Smallest eigen value | Diameter | F | NTries | Ratio |
|-----------|---|-----------------------|-------------|----------------------|----------|--------|--------|----------|
| 0 | e | 2 | | -.150 | 9999.000 | 28.391 | 0 | 9999.000 |
| 1 | e | 1 | | -.194 | 1.154 | 16.701 | 21 | .550 |
| 2 | e | 0 | 20.308 | | .898 | 6.236 | 5 | .763 |
| 3 | e | 0 | 38.826 | | .429 | 3.168 | 2 | .000 |
| 4 | e | 0 | 344.538 | | .549 | 1.887 | 1 | .821 |
| 5 | e | 1 | | -.060 | .681 | 1.178 | 1 | .490 |
| 6 | e | 0 | 1552.251 | | .100 | .711 | 5 | .650 |
| 7 | e | 0 | 1414.438 | | .275 | .265 | 1 | 1.121 |
| 8 | e | 0 | 3660.654 | | .438 | .133 | 1 | .979 |
| 9 | e | 0 | 13437.013 | | .250 | .044 | 1 | 1.117 |
| 10 | e | 0 | 14594.066 | | .211 | .020 | 2 | .000 |
| 11 | e | 0 | 27275.726 | | .181 | .006 | 1 | 1.253 |
| 12 | e | 0 | 45362.724 | | .148 | .001 | 1 | 1.207 |
| 13 | e | 0 | 63539.221 | | .076 | .000 | 1 | 1.160 |
| 14 | e | 0 | 7564 | | .029 | .00 | 1 | 1.06 |

| Iteration | Negative eigen values | Condition # | Smallest eigen value | Diameter | F | NTries | Ratio |
|--------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|---------------|-------------|---------|-----------|
| 15 | e 0 | 6.398 7466 4.931 | | .003 | .00 0 | 1 | 1.00 9 |
| 16 | e 0 | 7661 5.423 | | .000 | .00 0 | 1 | 1.00 0 |
| Model | | NPAR | CMIN | DF | P | CMIN/DF | |
| Default model | | 6 | .000 | 0 | | | |
| Saturated model | | 6 | .000 | 0 | | | |
| Independence model | | 3 | 24.507 | 3 | .000 | 8.169 | |
| Model | | RMR | GFI | AGFI | PGFI | | |
| Default model | | .000 | 1.000 | | | | |
| Saturated model | | .000 | 1.000 | | | | |
| Independence model | | .198 | .692 | .383 | .346 | | |
| Model | | NFI Delta1 | RFI rho1 | IFI Delta2 | TLI rho2 | CFI | |
| Default model | | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 | |
| Saturated model | | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 | |
| Independence model | | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| Model | | PRATIO | PNFI | PCFI | | | |
| Default model | | .000 | .000 | .000 | | | |
| Saturated model | | .000 | .000 | .000 | | | |
| Independence model | | 1.000 | .000 | .000 | | | |
| Model | | NCP | LO 90 | HI 90 | | | |
| Default model | | .000 | .000 | .000 | | | |
| Saturated model | | .000 | .000 | .000 | | | |
| Independence model | | 21.507 | 9.291 | 41.182 | | | |
| Model | | FMIN | F0 | LO 90 | HI 90 | | |
| Default model | | .000 | .000 | .000 | .000 | | |

| | | | | |
|--------------------|----------------|----------------|--------|--------|
| Model | FMIN | F0 | LO 90 | HI 90 |
| Saturated model | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Independence model | .845 | .742 | .320 | 1.420 |
| Model | RMSEA | LO 90 | HI 90 | PCLOSE |
| Independence model | .497 | .327 | .688 | .000 |
| Model | AIC | BCC | BIC | CAIC |
| Default model | 12.000 | 13.920 | 20.407 | 26.407 |
| Saturated model | 12.000 | 13.920 | 20.407 | 26.407 |
| Independence model | 30.507 | 31.467 | 34.710 | 37.710 |
| Model | ECVI | LO 90 | HI 90 | MECVI |
| Default model | .414 | .414 | .414 | .480 |
| Saturated model | .414 | .414 | .414 | .480 |
| Independence model | 1.052 | .631 | 1.730 | 1.085 |
| Model | HOELTER .05 | HOELTER .01 | | |
| Default model | | | | |
| Independence model | 10 | 14 | | |

Minimization: .020

Miscellaneous: .110

Bootstrap: .000

Total: .130

Variabel IOI

Number of variables in your model: 5

Number of observed variables: 2

Number of unobserved variables: 3

Number of exogenous variables: 3

Number of endogenous variables: 2

| | Weig hts | Covarian ces | Varian ces | Mea ns | Interce pts | Tot al |
|--------|-------------|-----------------|---------------|-----------|----------------|-----------|
| Fixed | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Labele | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | Weig hts | Covarian ces | Varian ces | Mea ns | Interce pts | Tot al |
|--------------------|-------------|-----------------------|---------------|------------|----------------|-----------|
| d | | | | | | |
| Unlabe led | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| Total | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 7 |
| Variable | min | max | skew | c.r. | kurtosi s | c.r. |
| M | 1.00 0 | 4.00 0 | - 1.382 | - 3.091 | .736 | .823 |
| O | 2.00 0 | 4.00 0 | - 1.336 | - 2.987 | .817 | .913 |
| Multivariat e | | | | | 3.239 | 2.21 7 |
| Observation number | | Mahalanobis d-squared | | p1 | p2 | |
| 9 | | 9.625 | | .008 | .217 | |
| 16 | | 9.625 | | .008 | .025 | |
| 18 | | 4.156 | | .125 | .743 | |
| 20 | | 4.156 | | .125 | .528 | |
| 24 | | 4.156 | | .125 | .320 | |
| 28 | | 4.156 | | .125 | .165 | |
| 3 | | 4.000 | | .135 | .102 | |
| 8 | | 4.000 | | .135 | .042 | |
| 10 | | 4.000 | | .135 | .015 | |
| 23 | | 4.000 | | .135 | .005 | |
| 1 | | .406 | | .816 | 1.000 | |
| 2 | | .406 | | .816 | 1.000 | |
| 4 | | .406 | | .816 | 1.000 | |
| 5 | | .406 | | .816 | 1.000 | |
| 6 | | .406 | | .816 | 1.000 | |
| 7 | | .406 | | .816 | 1.000 | |
| 11 | | .406 | | .816 | 1.000 | |
| 12 | | .406 | | .816 | .999 | |

| Observation number | Mahalanobis d-squared | p1 | p2 |
|--------------------|-----------------------|------|------|
| 13 | .406 | .816 | .995 |
| 14 | .406 | .816 | .986 |
| 15 | .406 | .816 | .963 |
| 17 | .406 | .816 | .915 |
| 19 | .406 | .816 | .828 |
| 21 | .406 | .816 | .692 |
| 22 | .406 | .816 | .518 |
| 25 | .406 | .816 | .331 |
| 26 | .406 | .816 | .172 |
| 27 | .406 | .816 | .067 |
| 29 | .406 | .816 | .018 |
| 30 | .406 | .816 | .002 |

Notes for Model (Default model)

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments: 3

Number of distinct parameters to be estimated: 4

Degrees of freedom (3 - 4): -1

Result (Default model)

The model is probably unidentified. In order to achieve identifiability, it will probably be necessary to impose 1 additional constraint.

| | | |
|--------|-----|--------------|
| O <--- | IOI | |
| M <--- | IOI | unidentified |

| | |
|-----|--------------|
| IOI | unidentified |
| e1 | unidentified |
| e2 | unidentified |

| Iteration | Negative eigen values | Condition # | Smallest eigen value | Diameter | F | NTries | Ratio |
|-----------|-----------------------|-------------|----------------------|--------------|------------|--------|--------------|
| 0 | e 2 | | -.284 | 9999 .000 | 60. 512 | 0 | 9999 .000 |

| Iteration | Negative eigen values | Condition # | Smallest eigen value | Diameter | F | NTries | Ratio |
|--------------------|-----------------------|-------------|----------------------|------------|----------|---------|--------|
| 1 | e 2 | | -.847 | 1.180 | 30.024 | 20 | .835 |
| Model | | NPART | CMIN | DF | P | CMIN/DF | |
| Saturated model | | 3 | .000 | 0 | | | |
| Independence model | | 2 | 57.518 | 1 | .000 | | 57.518 |
| Model | | RMR | GFI | AGFI | PGFI | | |
| Saturated model | | .000 | 1.000 | | | | |
| Independence model | | .244 | .537 | -.389 | .179 | | |
| Model | | NFI Delta1 | RFI rho1 | IFI Delta2 | TLI rho2 | CFI | |
| Saturated model | | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 | |
| Independence model | | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| Model | | PRATIO | PNFI | PCFI | | | |
| Saturated model | | .000 | .000 | .000 | | | |
| Independence model | | 1.000 | .000 | .000 | | | |
| Model | | NCP | LO 90 | HI 90 | | | |
| Saturated model | | .000 | .000 | .000 | | | |
| Independence model | | 56.518 | 35.274 | 85.173 | | | |
| Model | | FMIN | F0 | LO 90 | HI 90 | | |
| Saturated model | | .000 | .000 | .000 | .000 | | |
| Independence model | | 1.983 | 1.949 | 1.216 | 2.937 | | |
| Model | | RMSEA | LO 90 | HI 90 | PCLOSE | | |
| Independence model | | 1.396 | 1.103 | 1.714 | .000 | | |
| Model | | AIC | BCC | BIC | CAIC | | |
| Saturated model | | 6.000 | 6.692 | 10.204 | 13.204 | | |
| Independence model | | 61.518 | 61.980 | 64.321 | 66.321 | | |
| Model | | ECVI | LO 90 | HI 90 | MECVI | | |

| Model | ECVI | LO 90 | HI 90 | MECVI |
|--------------------|---------|-------|---------|-------|
| Saturated model | .207 | .207 | .207 | .231 |
| Independence model | 2.121 | 1.389 | 3.109 | 2.137 |
| Model | HOELTER | | HOELTER | |
| | .05 | | .01 | |
| Independence model | 2 | | 4 | |

Minimization: .000

Miscellaneous: .063

Bootstrap: .000

Total: .063

Second Order CFA

Variable Summary (Group number 1)

Your model contains the following variables (Group number 1)

Observed, endogenous variables

MDC

AGF

LL

PEP

ROW

Ath

IC

FC

SF

F

SP

O

M

Unobserved, endogenous variables

TPDI

DI

CI

IOI

Unobserved, exogenous variables

e1

e2
e3
e4
e5
e6
e7
e8
e9
e10
e11
e12
e13
e14
e15
e16
e17

Pipeline_Leak

Variable counts (Group number 1)

Number of variables in your model: 35
Number of observed variables: 13
Number of unobserved variables: 22
Number of exogenous variables: 18
Number of endogenous variables: 17

| | Weigh ts | Covarian ces | Varian ces | Mea ns | Interce pts | Tot al |
|---------------|-------------|-----------------|---------------|------------|----------------|-----------|
| Fixed | 21 | 0 | 1 | 0 | 0 | 22 |
| Labe led | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Unlabe led | 13 | 0 | 17 | 0 | 0 | 30 |
| Total | 34 | 0 | 18 | 0 | 0 | 52 |
| Variable | min | max | skew | c.r. | kurtosi s | c.r. |
| M | 1.00 0 | 4.00 0 | - 1.382 | - 3.091 | .736 | .823 |

| Variable | min | max | skew | c.r. | kurtosis | c.r. |
|--------------------|-----------|-----------------------|------------|------------|----------|------------|
| O | 2.00 0 | 4.00 0 | - 1.336 | - 2.987 | .817 | .913 |
| SP | 3.00 0 | 4.00 0 | -.269 | -.602 | -1.928 | - 2.155 |
| F | 2.00 0 | 4.00 0 | -.459 | - 1.026 | -.715 | -.799 |
| SF | 3.00 0 | 5.00 0 | -.747 | - 1.669 | 1.496 | 1.672 |
| FC | 1.00 0 | 4.00 0 | -.249 | -.556 | -.689 | -.771 |
| IC | 2.00 0 | 4.00 0 | .539 | 1.206 | -.998 | - 1.116 |
| Ath | 2.00 0 | 5.00 0 | -.657 | - 1.469 | -.148 | -.165 |
| ROW | 1.00 0 | 4.00 0 | -.956 | - 2.138 | .384 | .430 |
| PEP | 1.00 0 | 4.00 0 | .541 | 1.211 | -.918 | - 1.026 |
| LL | 2.00 0 | 5.00 0 | -.455 | - 1.018 | -.533 | -.595 |
| AGF | 2.00 0 | 5.00 0 | -.657 | - 1.469 | -.148 | -.165 |
| MDC | 2.00 0 | 5.00 0 | -.127 | -.283 | -.281 | -.314 |
| Multivariate | | | | | 6.050 | .839 |
| Observation number | | Mahalanobis d-squared | | p1 | p2 | |
| 4 | | | | 20.049 | .094 | .948 |
| 23 | | | | 19.924 | .097 | .803 |
| 25 | | | | 19.636 | .105 | .621 |
| 16 | | | | 18.916 | .126 | .532 |
| 3 | | | | 18.652 | .134 | .377 |

| Observation number | Mahalanobis d-squared | p1 | p2 |
|--------------------|-----------------------|------|------|
| 10 | 17.729 | .168 | .392 |
| 29 | 17.406 | .181 | .295 |
| 9 | 16.678 | .214 | .306 |
| 20 | 16.321 | .232 | .247 |
| 5 | 16.040 | .247 | .186 |
| 30 | 15.999 | .249 | .104 |
| 8 | 15.066 | .303 | .169 |
| 11 | 13.301 | .425 | .532 |
| 18 | 12.942 | .452 | .508 |
| 24 | 12.801 | .463 | .411 |
| 12 | 12.612 | .478 | .336 |
| 2 | 12.608 | .479 | .217 |
| 19 | 11.732 | .550 | .358 |
| 28 | 11.192 | .595 | .408 |
| 6 | 11.036 | .608 | .322 |
| 15 | 10.227 | .675 | .472 |
| 13 | 10.036 | .691 | .390 |
| 26 | 8.934 | .778 | .656 |
| 14 | 8.511 | .809 | .654 |
| 22 | 7.922 | .849 | .703 |
| 17 | 7.408 | .880 | .711 |
| 1 | 7.349 | .883 | .530 |
| 21 | 7.261 | .888 | .333 |
| 27 | 6.211 | .938 | .438 |
| 7 | 5.498 | .963 | .318 |

Number of distinct sample moments: 91

Number of distinct parameters to be estimated: 30

Degrees of freedom (91 - 30): 61

| | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|-------------------------------|----------|------|------|------|--------|
| TPD <-- Pipeline_L I - eak | .075 | .076 | .992 | .321 | par_10 |

| | | | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|---------|----------|---------------|----------|-------|--------|---------|-------|
| DI | <-- - | Pipeline_Leak | .101 | .083 | 1.215 | .224 | par_1 |
| CI | <-- - | Pipeline_Leak | .282 | .082 | 3.461 | ** * | par_2 |
| IOI | <-- - | Pipeline_Leak | .573 | .116 | 4.934 | ** * | par_3 |
| MD C | <-- - | TPDI | 1.000 | | | | |
| AGF | <-- - | TPDI | 3.162 | 2.793 | 1.132 | .258 | par_1 |
| LL | <-- - | TPDI | 4.180 | 3.778 | 1.107 | .269 | par_2 |
| PEP | <-- - | TPDI | 2.850 | 2.737 | 1.041 | .298 | par_3 |
| ROW | <-- - | TPDI | 2.987 | 2.652 | 1.127 | .260 | par_4 |
| Ath | <-- - | DI | 1.000 | | | | |
| IC | <-- - | DI | 1.780 | .848 | 2.099 | .036 | par_5 |
| FC | <-- - | DI | 2.435 | 1.151 | 2.115 | .034 | par_6 |
| SF | <-- - | CI | 1.000 | | | | |
| F | <-- - | CI | .059 | .215 | .275 | .783 | par_7 |
| SP | <-- - | CI | .226 | .313 | .722 | .470 | par_8 |
| O | <-- - | IOI | 1.000 | | | | |
| M | <-- - | IOI | 1.618 | .151 | 10.701 | ** * | par_9 |
| | | | Estimate | | | | |

| | Estimate |
|-------------------------|----------|
| TPDI <--- Pipeline_Leak | .500 |
| DI <--- Pipeline_Leak | .331 |
| CI <--- Pipeline_Leak | .485 |
| IOI <--- Pipeline_Leak | 1.122 |
| MDC <--- TPDI | .243 |
| AGF <--- TPDI | .662 |
| LL <--- TPDI | .826 |
| PEP <--- TPDI | .465 |
| ROW <--- TPDI | .522 |
| Ath <--- DI | .427 |
| IC <--- DI | .741 |
| FC <--- DI | .918 |
| SF <--- CI | 1.364 |
| F <--- CI | .053 |
| SP <--- CI | .266 |
| O <--- IOI | .950 |
| M <--- IOI | .977 |

| | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|---------------|----------|------|-------|------|--------|
| Pipeline_Leak | 1.000 | | | | |
| e14 | .017 | .029 | .586 | .558 | par_14 |
| e15 | .084 | .074 | 1.134 | .257 | par_15 |
| e16 | .259 | .400 | .649 | .516 | par_16 |
| e17 | -.067 | .106 | -.638 | .524 | par_17 |
| e1 | .360 | .096 | 3.734 | *** | par_18 |
| e2 | .290 | .103 | 2.826 | .005 | par_19 |
| e3 | .184 | .129 | 1.425 | .154 | par_20 |
| e4 | .666 | .194 | 3.428 | *** | par_21 |
| e5 | .537 | .161 | 3.334 | *** | par_22 |
| e6 | .421 | .115 | 3.663 | *** | par_23 |
| e7 | .245 | .100 | 2.449 | .014 | par_24 |
| e8 | .104 | .166 | .626 | .531 | par_25 |
| e9 | -.157 | .387 | -.405 | .686 | par_26 |

| | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|-----|----------|------|-------|------|--------|
| e10 | .421 | .111 | 3.810 | *** | par_27 |
| e11 | .228 | .063 | 3.624 | *** | par_28 |
| e12 | .028 | .017 | 1.618 | .106 | par_29 |
| e13 | .032 | .042 | .778 | .437 | par_30 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| IOI | .573 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .282 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .101 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .075 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | .927 | 1.618 | .000 | .000 | .000 |
| O | .573 | 1.000 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .064 | .000 | .226 | .000 | .000 |
| F | .017 | .000 | .059 | .000 | .000 |
| SF | .282 | .000 | 1.000 | .000 | .000 |
| FC | .247 | .000 | .000 | 2.435 | .000 |
| IC | .181 | .000 | .000 | 1.780 | .000 |
| Ath | .101 | .000 | .000 | 1.000 | .000 |
| ROW | .225 | .000 | .000 | .000 | 2.987 |
| PEP | .214 | .000 | .000 | .000 | 2.850 |
| LL | .314 | .000 | .000 | .000 | 4.180 |
| AGF | .238 | .000 | .000 | .000 | 3.162 |
| MDC | .075 | .000 | .000 | .000 | 1.000 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|------|---------------|------|-------|------|------|
| IOI | 1.122 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .485 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .331 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .500 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | 1.096 | .977 | .000 | .000 | .000 |
| O | 1.066 | .950 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .129 | .000 | .266 | .000 | .000 |
| F | .026 | .000 | .053 | .000 | .000 |
| SF | .661 | .000 | 1.364 | .000 | .000 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|-----|---------------|------|------|------|------|
| FC | .304 | .000 | .000 | .918 | .000 |
| IC | .245 | .000 | .000 | .741 | .000 |
| Ath | .141 | .000 | .000 | .427 | .000 |
| ROW | .261 | .000 | .000 | .000 | .522 |
| PEP | .233 | .000 | .000 | .000 | .465 |
| LL | .413 | .000 | .000 | .000 | .826 |
| AGF | .331 | .000 | .000 | .000 | .662 |
| MDC | .122 | .000 | .000 | .000 | .243 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| IOI | .573 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .282 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .101 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .075 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | .000 | 1.618 | .000 | .000 | .000 |
| O | .000 | 1.000 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .000 | .000 | .226 | .000 | .000 |
| F | .000 | .000 | .059 | .000 | .000 |
| SF | .000 | .000 | 1.000 | .000 | .000 |
| FC | .000 | .000 | .000 | 2.435 | .000 |
| IC | .000 | .000 | .000 | 1.780 | .000 |
| Ath | .000 | .000 | .000 | 1.000 | .000 |
| ROW | .000 | .000 | .000 | .000 | 2.987 |
| PEP | .000 | .000 | .000 | .000 | 2.850 |
| LL | .000 | .000 | .000 | .000 | 4.180 |
| AGF | .000 | .000 | .000 | .000 | 3.162 |
| MDC | .000 | .000 | .000 | .000 | 1.000 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|------|---------------|------|------|------|------|
| IOI | 1.122 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .485 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .331 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .500 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | .000 | .977 | .000 | .000 | .000 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|------|---------------|------|-------|------|------|
| O | .000 | .950 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .000 | .000 | .266 | .000 | .000 |
| F | .000 | .000 | .053 | .000 | .000 |
| SF | .000 | .000 | 1.364 | .000 | .000 |
| FC | .000 | .000 | .000 | .918 | .000 |
| IC | .000 | .000 | .000 | .741 | .000 |
| Ath | .000 | .000 | .000 | .427 | .000 |
| ROW | .000 | .000 | .000 | .000 | .522 |
| PEP | .000 | .000 | .000 | .000 | .465 |
| LL | .000 | .000 | .000 | .000 | .826 |
| AGF | .000 | .000 | .000 | .000 | .662 |
| MDC | .000 | .000 | .000 | .000 | .243 |
| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
| IOI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | .927 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| O | .573 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .064 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| F | .017 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| SF | .282 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| FC | .247 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| IC | .181 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Ath | .101 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| ROW | .225 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| PEP | .214 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| LL | .314 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| AGF | .238 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| MDC | .075 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
| IOI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|------|---------------|------|------|------|------|
| CI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | 1.096 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| O | 1.066 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .129 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| F | .026 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| SF | .661 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| FC | .304 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| IC | .245 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Ath | .141 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| ROW | .261 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| PEP | .233 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| LL | .413 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| AGF | .331 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| MDC | .122 | .000 | .000 | .000 | .000 |

| | | |
|--|-------|-------|
| | e17 | e9 |
| | -.067 | -.157 |

| | M.I. | Par Change |
|-----------------------|-------|------------|
| e14 <--> e15 | 5.317 | .019 |
| e8 <--> e14 | 4.691 | .033 |
| e6 <--> Pipeline_Leak | 5.671 | .256 |
| e6 <--> e17 | 5.017 | .083 |
| e4 <--> e7 | 4.632 | .180 |
| e4 <--> e6 | 8.382 | -.297 |
| e2 <--> e12 | 7.249 | .058 |

| | M.I. | Par Change |
|--|------|------------|
|--|------|------------|

| | M.I. | Par Change |
|--------------|-------|------------|
| TPDI <--- DI | 4.801 | .208 |
| O <--- AGF | 4.727 | .111 |
| F <--- IC | 4.948 | .363 |

| | | | M.I. | Par Change |
|-----|------|---------------|-------|------------|
| FC | <--- | SF | 4.255 | -.506 |
| Ath | <--- | Pipeline_Leak | 5.671 | .256 |
| Ath | <--- | IOI | 4.395 | .509 |
| Ath | <--- | M | 4.908 | .320 |
| Ath | <--- | PEP | 5.173 | -.302 |
| PEP | <--- | Ath | 4.939 | -.482 |
| LL | <--- | SP | 4.283 | .437 |

| Iter atio n | | Negat ive eigen value s | Cond ition # | Smal lest eigen value | Dia mete r | F | NT ries | Rati o |
|-------------------|--------|-------------------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|------------|------------------|
| 0 | e | 8 | | -.291 | 999 9.00 0 | 258 .31 3 | 0 | 999 9.00 0 |
| 1 | e | 5 | | -.902 | 1.59 4 | 199 .16 0 | 20 | .845 |
| 2 | e * | 4 | | -.922 | .420 | 172 .68 5 | 6 | 1.06 1 |
| 3 | e | 3 | | -.157 | .102 | 165 .09 4 | 6 | .915 |
| 4 | e | 2 | | -.358 | 1.35 5 | 130 .43 6 | 11 | .827 |
| 5 | e | 1 | | -.097 | .437 | 119 .56 0 | 5 | .903 |
| 6 | e | 1 | | -.091 | .472 | 113 .64 3 | 5 | .777 |
| 7 | e | 0 | 653. | | .731 | 106 | 6 | .959 |

| Iteration | | Negative eigen values | Condition # | Smallest eigen value | Diameter | F | NTries | Ratio |
|-----------|---|-----------------------|---------------|----------------------|----------|-------------|--------|-------|
| | | | 366 | | | .948 | | |
| 8 | e | 0 | 1367 .873 | | 1.073 | 104 .559 | 1 | .613 |
| 9 | e | 0 | 4451 .692 | | .908 | 101 .926 | 1 | .893 |
| 10 | e | 0 | 9019 .987 | | .745 | 101 .534 | 2 | .000 |
| 11 | e | 0 | 1614 1.626 | | .528 | 100 .751 | 1 | 1.051 |
| 12 | e | 0 | 3088 1.791 | | .412 | 100 .698 | 1 | 1.109 |
| 13 | e | 0 | 6383 9.232 | | .229 | 100 .686 | 1 | 1.163 |
| 14 | e | 0 | 8378 0.689 | | .147 | 100 .684 | 1 | 1.091 |
| 15 | e | 0 | 9574 2.697 | | .027 | 100 .684 | 1 | 1.031 |
| 16 | e | 0 | 9464 6.600 | | .002 | 100 .684 | 1 | 1.002 |
| 17 | e | 0 | 9552 | | .000 | 100 | 1 | 1.00 |

| Iteration | Negative eigen values | Condition # | Smallest eigen value | Diameter | F | NTries | Ratio |
|--------------------|-----------------------|-------------|----------------------|------------|----------|---------|-------|
| | | 9.577 | | | .684 | | 0 |
| Model | Model | NPAR | CMIN | DF | P | CMIN/DF | |
| Default model | | 30 | 100.684 | 61 | .001 | | 1.651 |
| Saturated model | | 91 | .000 | 0 | | | |
| Independence model | | 13 | 244.200 | 78 | .000 | | 3.131 |
| Model | Model | RMR | GFI | AGFI | PGFI | | |
| Default model | | .091 | .688 | .534 | .461 | | |
| Saturated model | | .000 | 1.000 | | | | |
| Independence model | | .162 | .422 | .325 | .361 | | |
| Model | Model | NFI Delta1 | RFI rho1 | IFI Delta2 | TLI rho2 | CFI | |
| Default model | | .588 | .473 | .783 | .695 | .761 | |
| Saturated model | | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 | |
| Independence model | | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| Model | Model | PRATIO | PNFI | PCFI | | | |
| Default model | | .782 | .460 | .595 | | | |
| Saturated model | | .000 | .000 | .000 | | | |
| Independence model | | 1.000 | .000 | .000 | | | |
| Model | Model | NCP | LO 90 | HI 90 | | | |
| Default model | | 39.684 | 15.997 | 71.266 | | | |
| Saturated model | | .000 | .000 | .000 | | | |
| Independence model | | 166.200 | 122.833 | 217.187 | | | |
| Model | Model | FMIN | F0 | LO 90 | HI 90 | | |
| Default model | | 3.472 | 1.368 | .552 | 2.457 | | |
| Saturated model | | .000 | .000 | .000 | .000 | | |
| Independence model | | 8.421 | 5.731 | 4.236 | 7.489 | | |

| Model | RMSEA | LO 90 | HI 90 | PCLOSE |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| Default model | .150 | .095 | .201 | .004 |
| Independence model | .271 | .233 | .310 | .000 |
| Model | AIC | BCC | BIC | CAIC |
| Default model | 160.684 | 216.684 | 202.720 | 232.720 |
| Saturated model | 182.000 | 351.867 | 309.509 | 400.509 |
| Independence model | 270.200 | 294.467 | 288.415 | 301.415 |
| Model | ECVI | LO 90 | HI 90 | MECVI |
| Default model | 5.541 | 4.724 | 6.630 | 7.472 |
| Saturated model | 6.276 | 6.276 | 6.276 | 12.133 |
| Independence model | 9.317 | 7.822 | 11.075 | 10.154 |
| Model | HOELTER | | | |
| | .05 | | .01 | |
| Default model | 24 | | 26 | |
| Independence model | 12 | | 14 | |

Minimization: .031

Miscellaneous: .390

Bootstrap: .000

Total: .421

Second Order CFA Modifikasi

Variable Summary (Group number 1)

Your model contains the following variables (Group number 1)

Observed, endogenous variables

MDC

AGF

LL

PEP

ROW

Ath

IC

FC
SF
F
SP
O
M
Unobserved, endogenous variables
TPDI
DI
CI
IOI
Unobserved, exogenous variables
e1
e2
e3
e4
e5
e6
e7
e8
e9
e10
e11
e12
e13
e14
e15
e16
e17
Pipeline_Leak

Variable counts (Group number 1)

| | |
|------------------------------------|----|
| Number of variables in your model: | 35 |
| Number of observed variables: | 13 |
| Number of unobserved variables: | 22 |
| Number of exogenous variables: | 18 |
| Number of endogenous variables: | 17 |

| | Weig hts | Covarian ces | Varian ces | Mea ns | Interce pts | Tot al |
|---------------|-------------|-----------------|---------------|------------|----------------|------------|
| Fixed | 21 | 0 | 1 | 0 | 0 | 22 |
| Labe led | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Unlabe led | 13 | 4 | 17 | 0 | 0 | 34 |
| Total | 34 | 4 | 18 | 0 | 0 | 56 |
| Variable | min | max | skew | c.r. | kurtosi s | c.r. |
| M | 1.00 0 | 4.00 0 | - 1.382 | - 3.091 | .736 | .823 |
| O | 2.00 0 | 4.00 0 | - 1.336 | - 2.987 | .817 | .913 |
| SP | 3.00 0 | 4.00 0 | -.269 | -.602 | -1.928 | - 2.155 |
| F | 2.00 0 | 4.00 0 | -.459 | - 1.026 | -.715 | -.799 |
| SF | 3.00 0 | 5.00 0 | -.747 | - 1.669 | 1.496 | 1.672 |
| FC | 1.00 0 | 4.00 0 | -.249 | -.556 | -.689 | -.771 |
| IC | 2.00 0 | 4.00 0 | .539 | 1.206 | -.998 | - 1.116 |
| Ath | 2.00 0 | 5.00 0 | -.657 | - 1.469 | -.148 | -.165 |
| ROW | 1.00 0 | 4.00 0 | -.956 | - 2.138 | .384 | .430 |
| PEP | 1.00 0 | 4.00 0 | .541 | 1.211 | -.918 | - 1.026 |
| LL | 2.00 0 | 5.00 0 | -.455 | - 1.018 | -.533 | -.595 |
| AGF | 2.00 0 | 5.00 0 | -.657 | - 1.469 | -.148 | -.165 |

| Variable | min | max | skew | c.r. | kurtosis | c.r. |
|--------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
| MDC | 2.000 | 5.000 | -.127 | -.283 | -.281 | -.314 |
| Multivariate | | | | | 6.050 | .839 |

| Observation number | Mahalanobis d-squared | p1 | p2 |
|--------------------|-----------------------|------|------|
| 4 | 20.049 | .094 | .948 |
| 23 | 19.924 | .097 | .803 |
| 25 | 19.636 | .105 | .621 |
| 16 | 18.916 | .126 | .532 |
| 3 | 18.652 | .134 | .377 |
| 10 | 17.729 | .168 | .392 |
| 29 | 17.406 | .181 | .295 |
| 9 | 16.678 | .214 | .306 |
| 20 | 16.321 | .232 | .247 |
| 5 | 16.040 | .247 | .186 |
| 30 | 15.999 | .249 | .104 |
| 8 | 15.066 | .303 | .169 |
| 11 | 13.301 | .425 | .532 |
| 18 | 12.942 | .452 | .508 |
| 24 | 12.801 | .463 | .411 |
| 12 | 12.612 | .478 | .336 |
| 2 | 12.608 | .479 | .217 |
| 19 | 11.732 | .550 | .358 |
| 28 | 11.192 | .595 | .408 |
| 6 | 11.036 | .608 | .322 |
| 15 | 10.227 | .675 | .472 |
| 13 | 10.036 | .691 | .390 |
| 26 | 8.934 | .778 | .656 |
| 14 | 8.511 | .809 | .654 |
| 22 | 7.922 | .849 | .703 |
| 17 | 7.408 | .880 | .711 |

| Observation number | Mahalanobis d-squared | p1 | p2 |
|--------------------|-----------------------|------|------|
| 1 | 7.349 | .883 | .530 |
| 21 | 7.261 | .888 | .333 |
| 27 | 6.211 | .938 | .438 |
| 7 | 5.498 | .963 | .318 |

Number of distinct sample moments: 91

Number of distinct parameters to be estimated: 34

Degrees of freedom (91 - 34): 57

| | | | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|-----|-----|------------|----------|-------|-------|------|--------|
| TPD | <-- | Pipeline_L | | | | | |
| I | - | eak | .053 | .064 | .828 | .408 | par_10 |
| DI | <-- | Pipeline_L | | | | | |
| | - | eak | .114 | .079 | 1.433 | .152 | par_11 |
| CI | <-- | Pipeline_L | | | | | |
| | - | eak | .231 | .109 | 2.119 | .034 | par_12 |
| IOI | <-- | Pipeline_L | | | | | |
| | - | eak | .663 | .220 | 3.009 | .003 | par_13 |
| MD | <-- | TPDI | 1.000 | | | | |
| C | - | | | | | | |
| AGF | <-- | TPDI | 3.462 | 3.598 | .962 | .336 | par_1 |
| | - | | | | | | |
| LL | <-- | TPDI | 4.923 | 5.044 | .976 | .329 | par_2 |
| | - | | | | | | |
| PEP | <-- | TPDI | 3.965 | 4.134 | .959 | .337 | par_3 |
| | - | | | | | | |
| RO | <-- | TPDI | 3.980 | 4.113 | .968 | .333 | par_4 |
| W | - | | | | | | |
| Ath | <-- | DI | 1.000 | | | | |
| | - | | | | | | |
| IC | <-- | DI | 1.613 | .649 | 2.486 | .013 | par_5 |
| | - | | | | | | |
| FC | <-- | DI | 2.207 | .899 | 2.454 | .014 | par_6 |
| | - | | | | | | |

| | | | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|----|-----|-----|----------|------|--------|---------|-------|
| SF | <-- | CI | 1.000 | | | | |
| | - | | | | | | |
| F | <-- | CI | .077 | .180 | .427 | .670 | par_7 |
| | - | | | | | | |
| SP | <-- | CI | .135 | .296 | .455 | .649 | par_8 |
| | - | | | | | | |
| O | <-- | IOI | 1.000 | | | | |
| | - | | | | | | |
| M | <-- | IOI | 1.655 | .143 | 11.614 | ** * | par_9 |
| | - | | | | | | |

| | | | Estimate |
|------|------|---------------|----------|
| TPDI | <--- | Pipeline_Leak | .427 |
| DI | <--- | Pipeline_Leak | .335 |
| CI | <--- | Pipeline_Leak | .308 |
| IOI | <--- | Pipeline_Leak | 1.325 |
| MDC | <--- | TPDI | .202 |
| AGF | <--- | TPDI | .607 |
| LL | <--- | TPDI | .808 |
| PEP | <--- | TPDI | .525 |
| ROW | <--- | TPDI | .578 |
| Ath | <--- | DI | .464 |
| IC | <--- | DI | .741 |
| FC | <--- | DI | .918 |
| SF | <--- | CI | 1.754 |
| F | <--- | CI | .089 |
| SP | <--- | CI | .204 |
| O | <--- | IOI | .946 |
| M | <--- | IOI | .979 |

| | | | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|-----|------|-----|----------|------|--------|------|--------|
| e14 | <--> | e15 | .022 | .024 | .887 | .375 | par_14 |
| e4 | <--> | e6 | -.307 | .119 | -2.580 | .010 | par_15 |

| | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|--------------|----------|------|-------|------|--------|
| e2 <--> e12 | .058 | .025 | 2.316 | .021 | par_16 |
| e10 <--> e11 | .105 | .062 | 1.705 | .088 | par_17 |

| | Estimate |
|--------------|----------|
| e14 <--> e15 | .598 |
| e4 <--> e6 | -.591 |
| e2 <--> e12 | .595 |
| e10 <--> e11 | .335 |

| | Estimate | S.E. | C.R. | P | Label |
|---------------|----------|-------|-------|------|--------|
| Pipeline_Leak | 1.000 | | | | |
| e14 | .013 | .026 | .495 | .620 | par_18 |
| e15 | .102 | .078 | 1.310 | .190 | par_19 |
| e16 | .507 | 1.065 | .476 | .634 | par_20 |
| e17 | -.189 | .291 | -.650 | .516 | par_21 |
| e1 | .367 | .097 | 3.770 | *** | par_22 |
| e2 | .319 | .098 | 3.253 | .001 | par_23 |
| e3 | .201 | .103 | 1.953 | .051 | par_24 |
| e4 | .645 | .186 | 3.461 | *** | par_25 |
| e5 | .492 | .155 | 3.182 | .001 | par_26 |
| e6 | .419 | .115 | 3.656 | *** | par_27 |
| e7 | .245 | .083 | 2.963 | .003 | par_28 |
| e8 | .104 | .109 | .954 | .340 | par_29 |
| e9 | -.378 | 1.057 | -.358 | .720 | par_30 |
| e10 | .419 | .110 | 3.821 | *** | par_31 |
| e11 | .235 | .065 | 3.638 | *** | par_32 |
| e12 | .030 | .015 | 2.028 | .043 | par_33 |
| e13 | .030 | .034 | .890 | .374 | par_34 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|------|---------------|------|------|------|------|
| IOI | .663 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .231 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .114 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .053 | .000 | .000 | .000 | .000 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| M | 1.097 | 1.655 | .000 | .000 | .000 |
| O | .663 | 1.000 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .031 | .000 | .135 | .000 | .000 |
| F | .018 | .000 | .077 | .000 | .000 |
| SF | .231 | .000 | 1.000 | .000 | .000 |
| FC | .251 | .000 | .000 | 2.207 | .000 |
| IC | .183 | .000 | .000 | 1.613 | .000 |
| Ath | .114 | .000 | .000 | 1.000 | .000 |
| ROW | .212 | .000 | .000 | .000 | 3.980 |
| PEP | .211 | .000 | .000 | .000 | 3.965 |
| LL | .262 | .000 | .000 | .000 | 4.923 |
| AGF | .184 | .000 | .000 | .000 | 3.462 |
| MDC | .053 | .000 | .000 | .000 | 1.000 |
| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
| IOI | 1.325 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .308 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .335 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .427 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | 1.297 | .979 | .000 | .000 | .000 |
| O | 1.253 | .946 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .063 | .000 | .204 | .000 | .000 |
| F | .027 | .000 | .089 | .000 | .000 |
| SF | .540 | .000 | 1.754 | .000 | .000 |
| FC | .308 | .000 | .000 | .918 | .000 |
| IC | .249 | .000 | .000 | .741 | .000 |
| Ath | .156 | .000 | .000 | .464 | .000 |
| ROW | .247 | .000 | .000 | .000 | .578 |
| PEP | .224 | .000 | .000 | .000 | .525 |
| LL | .345 | .000 | .000 | .000 | .808 |
| AGF | .259 | .000 | .000 | .000 | .607 |
| MDC | .086 | .000 | .000 | .000 | .202 |
| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| IOI | .663 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .231 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .114 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .053 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | .000 | 1.655 | .000 | .000 | .000 |
| O | .000 | 1.000 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .000 | .000 | .135 | .000 | .000 |
| F | .000 | .000 | .077 | .000 | .000 |
| SF | .000 | .000 | 1.000 | .000 | .000 |
| FC | .000 | .000 | .000 | 2.207 | .000 |
| IC | .000 | .000 | .000 | 1.613 | .000 |
| Ath | .000 | .000 | .000 | 1.000 | .000 |
| ROW | .000 | .000 | .000 | .000 | 3.980 |
| PEP | .000 | .000 | .000 | .000 | 3.965 |
| LL | .000 | .000 | .000 | .000 | 4.923 |
| AGF | .000 | .000 | .000 | .000 | 3.462 |
| MDC | .000 | .000 | .000 | .000 | 1.000 |
| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
| IOI | 1.325 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .308 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .335 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .427 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | .000 | .979 | .000 | .000 | .000 |
| O | .000 | .946 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .000 | .000 | .204 | .000 | .000 |
| F | .000 | .000 | .089 | .000 | .000 |
| SF | .000 | .000 | 1.754 | .000 | .000 |
| FC | .000 | .000 | .000 | .918 | .000 |
| IC | .000 | .000 | .000 | .741 | .000 |
| Ath | .000 | .000 | .000 | .464 | .000 |
| ROW | .000 | .000 | .000 | .000 | .578 |
| PEP | .000 | .000 | .000 | .000 | .525 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|------|---------------|------|------|------|------|
| LL | .000 | .000 | .000 | .000 | .808 |
| AGF | .000 | .000 | .000 | .000 | .607 |
| MDC | .000 | .000 | .000 | .000 | .202 |
| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
| IOI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | 1.097 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| O | .663 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .031 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| F | .018 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| SF | .231 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| FC | .251 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| IC | .183 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Ath | .114 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| ROW | .212 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| PEP | .211 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| LL | .262 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| AGF | .184 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| MDC | .053 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
| IOI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| CI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| DI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| TPDI | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| M | 1.297 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| O | 1.253 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| SP | .063 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| F | .027 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| SF | .540 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| FC | .308 | .000 | .000 | .000 | .000 |

| | Pipeline_Leak | IOI | CI | DI | TPDI |
|-----|---------------|------|------|------|------|
| IC | .249 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Ath | .156 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| ROW | .247 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| PEP | .224 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| LL | .345 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| AGF | .259 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| MDC | .086 | .000 | .000 | .000 | .000 |

| | | |
|--|-------|-------|
| | e17 | e9 |
| | -.189 | -.378 |

| | | |
|--|------|------------|
| | M.I. | Par Change |
| | M.I. | Par Change |

| | | | M.I. | Par Change |
|-----|------|----|-------|------------|
| F | <--- | IC | 4.782 | .336 |
| FC | <--- | SF | 4.823 | -.498 |
| LL | <--- | SP | 4.234 | .421 |
| MDC | <--- | SP | 4.211 | .467 |

| Iter atio n | | Negat ive eigen value s | Condi tion # | Smal lest eigen value | Dia met er | F | NT rie s | Rati o |
|-------------------|--------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| 0 | e | 9 | | -.343 | 999 9.00 0 | 258 .31 3 | 0 | 999 9.00 0 |
| 1 | e | 5 | | -.786 | 1.63 8 | 185 .13 5 | 20 | .905 |
| 2 | e * | 4 | | - 1.39 7 | .640 | 150 .16 7 | 5 | .888 |
| 3 | e | 3 | | -.302 | .508 | 131 .16 8 | 7 | .784 |

| Iteration | | Negative eigen values | Condition # | Smallest eigen value | Diameter | F | NTries | Ratio |
|-----------|----|-----------------------|-------------|----------------------|----------|---------|--------|-------|
| 4 | e* | 2 | | -1.956 | 1.031 | 104.553 | 4 | .736 |
| 5 | e | 1 | | -.004 | .267 | 93.894 | 5 | .925 |
| 6 | e | 0 | 9241.336 | | .701 | 83.179 | 5 | .811 |
| 7 | e | 0 | 1930.677 | | .617 | 81.201 | 4 | .000 |
| 8 | e | 1 | | -.022 | .634 | 76.277 | 2 | .000 |
| 9 | e | 0 | 3742.727 | | .608 | 73.987 | 8 | .989 |
| 10 | e | 0 | 7701.057 | | .563 | 72.916 | 2 | .000 |
| 11 | e | 0 | 11906.689 | | .832 | 72.109 | 1 | 1.132 |
| 12 | e | 0 | 30240.313 | | .506 | 71.811 | 2 | .000 |
| 13 | e | 0 | 80106.076 | | .608 | 71.595 | 1 | 1.266 |
| 14 | e | 0 | 202795.660 | | .675 | 71.509 | 1 | 1.118 |
| 15 | e | 0 | 406166.113 | | .409 | 71.462 | 1 | 1.211 |
| 16 | e | 0 | 769957.442 | | .497 | 71.449 | 1 | .921 |
| 17 | e | 0 | 1080776.282 | | .164 | 71.443 | 1 | 1.077 |

| Iteration | | Negative eigen values | Condition # | Smallest eigen value | Diameter | F | NTries | Ratio |
|--------------------|---|-----------------------|-----------------|----------------------|---------------|-------------|---------|-------|
| 18 | e | 0 | 11862 97.895 | | .141 | 71.442 | 1 | 1.018 |
| 19 | e | 0 | 12433 17.794 | | .013 | 71.442 | 1 | 1.008 |
| 20 | e | 0 | 12487 21.155 | | .001 | 71.442 | 1 | 1.000 |
| 21 | e | 0 | 12012 25.266 | | .000 | 71.442 | 1 | 1.000 |
| Model | | | NPAR | CMIN | DF | P | CMIN/DF | |
| Default model | | | 34 | 71.442 | 57 | .094 | 1.253 | |
| Saturated model | | | 91 | .000 | 0 | | | |
| Independence model | | | 13 | 244.200 | 78 | .000 | 3.131 | |
| Model | | | RMR | GFI | AGFI | PGFI | | |
| Default model | | | .069 | .778 | .646 | .488 | | |
| Saturated model | | | .000 | 1.000 | | | | |
| Independence model | | | .162 | .422 | .325 | .361 | | |
| Model | | | NFI Delta1 | RFI rho1 | IFI Delta2 | TLI rho2 | CFI | |
| Default model | | | .707 | .600 | .923 | .881 | .913 | |
| Saturated model | | | 1.000 | | 1.000 | | 1.000 | |
| Independence model | | | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | |
| Model | | | PRATIO | PNFI | PCFI | | | |
| Default model | | | .731 | .517 | .667 | | | |
| Saturated model | | | .000 | .000 | .000 | | | |

| | | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| Model | PRATIO | PNFI | PCFI | |
| Independence model | 1.000 | .000 | .000 | |
| Model | NCP | LO 90 | HI 90 | |
| Default model | 14.442 | .000 | 40.152 | |
| Saturated model | .000 | .000 | .000 | |
| Independence model | 166.200 | 122.833 | 217.187 | |
| Model | FMIN | F0 | LO 90 | HI 90 |
| Default model | 2.464 | .498 | .000 | 1.385 |
| Saturated model | .000 | .000 | .000 | .000 |
| Independence model | 8.421 | 5.731 | 4.236 | 7.489 |
| Model | RMSEA | LO 90 | HI 90 | PCLOSE |
| Default model | .093 | .000 | .156 | .179 |
| Independence model | .271 | .233 | .310 | .000 |
| Model | AIC | BCC | BIC | CAIC |
| Default model | 139.442 | 202.909 | 187.083 | 221.083 |
| Saturated model | 182.000 | 351.867 | 309.509 | 400.509 |
| Independence model | 270.200 | 294.467 | 288.415 | 301.415 |
| Model | ECVI | LO 90 | HI 90 | MECVI |
| Default model | 4.808 | 4.310 | 5.695 | 6.997 |
| Saturated model | 6.276 | 6.276 | 6.276 | 12.133 |
| Independence model | 9.317 | 7.822 | 11.075 | 10.154 |
| Model | HOELTER | HOELTER | | |
| | .05 | .01 | | |
| Default model | 31 | 35 | | |
| Independence model | 12 | 14 | | |

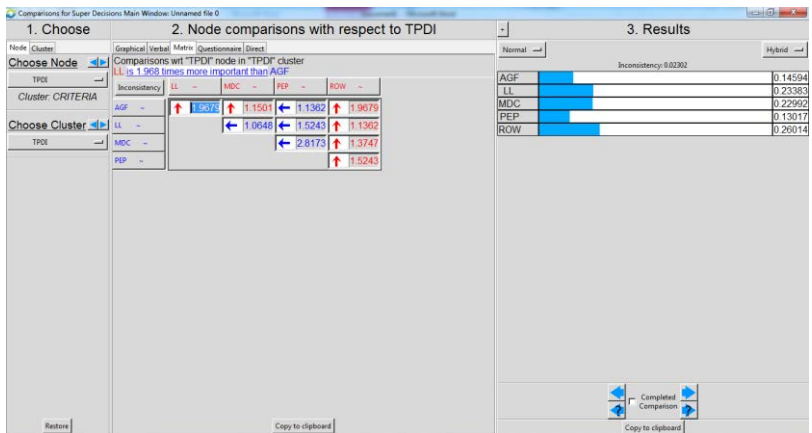
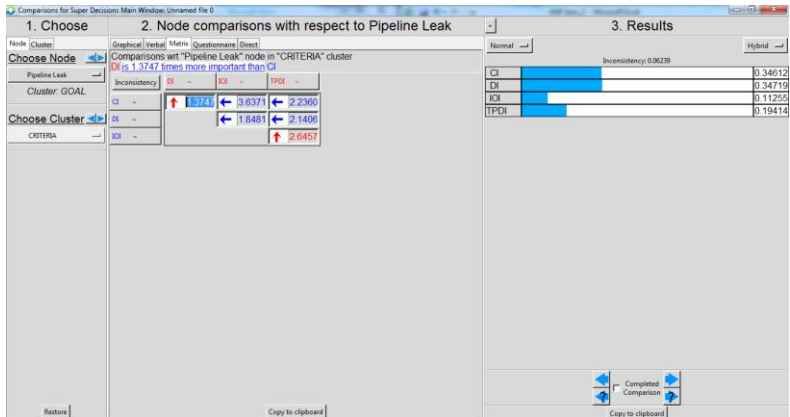
Minimization: .031

Miscellaneous: .421

Bootstrap: .000

Total: .452

ANP



Comparisons for Super Decisions Main Window: Unnamed file 0

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Cluster CRITERIA

Choose Cluster

2. Node comparisons with respect to DI

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "DI" node in "DI" cluster
F is 1.2014 times more important than SF

Inconsistency SF - SP -

F - 1.2014 2.9428

SF - 1.2440

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.04918

| | |
|----|---------|
| F | 0.47846 |
| SF | 0.31780 |
| SP | 0.20375 |

Completed Comparison

Copy to clipboard

Comparisons for Super Decisions Main Window: Unnamed file 0

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

Cluster CRITERIA

Choose Cluster

2. Node comparisons with respect to CI

Graphical Verbal Matrix Questionnaire Direct

Comparisons wrt "CI" node in "CI" cluster
F/G is 1.1443 times more important than Ath

Inconsistency FC - GC -

Ath - 1.1443 1.1302

FC - 2.6136

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.09800

| | |
|-----|---------|
| Ath | 0.29410 |
| FC | 0.46259 |
| GC | 0.24323 |

Completed Comparison

Copy to clipboard

Comparisons for Super Decisions Main Window: Unnamed file 0

1. Choose

Node Cluster

Choose Node

IOI

Cluster CRITERIA

Choose Cluster

IOI

Restore

2. Node comparisons with respect to IOI

Graphical Verbal Metro Questionnaire Direct

Comparisons wrt 'IOI' node in 'IOI' cluster

M is 1.5482 times more important than O

Inconsistency 0 -

M - 11.6403

Copy to clipboard

3. Results

Normal Hybrid

Inconsistency: 0.00000

M 0.60757

O 0.39243

Completed Comparison

Copy to clipboard

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Whilda Kamila Sari. Penulis lahir di Banyuwangi pada tanggal 15 Oktober 1992. Pada tahun 2011, penulis diberi kesempatan untuk menempuh studi di Jurusan Statistika, ITS. Riwayat pendidikan penulis adalah SDN Sambu I (1999 – 2005), SMPN 1 Kediri (2005 – 2008), SMAN 2 Kediri (2008 – 2011), dan Jurusan Statistika ITS (2011 – 2015). Penulis merupakan putri sulung dari pasangan Badrul

Ulum dan Asmaul Latifah yang berasal dari Kabupaten Kediri, Jawa Timur. Selama kuliah, penulis berhasil menoreh beberapa prestasi di bidang karya tulis ilmiah. Prestasi ini mengalir mengikuti *passion*-nya untuk menulis. Selain suka berkompetisi, penulis juga aktif di organisasi BEM ITS dan Paguyuban Karya Salemba Empat ITS. Sebagai seorang ahli statistik, penulis memiliki pengalaman kerja sebagai *surveyor*, *entryor*, dan analisis data. Pengalaman kerja praktik di bidang *Quality Control* di PT. Avesta Continental Pack, Bekasi, menjadi sebuah daya tarik bagi penulis untuk meniti karir di dunia industri. Oleh sebab itu, penulis memilih untuk membuat penelitian di bidang industri untuk menyelesaikan studi sarjana. Penelitian ini juga dibuat sebagai bahan belajar bagi pembaca. Oleh sebab itu, penulis membuka forum diskusi yang dapat dilakukan melalui *contact email* whildakamila@gmail.com.